



Cristina Isabel de Paiva Figueiredo

# IMPORTÂNCIA DAS ALTERAÇÕES DOS COMPÓSITOS DENTÁRIOS NA IDENTIFICAÇÃO DE CARBONIZADOS

Dissertação de Mestrado na área científica de Medicina, especialidade de Medicina Legal e Ciências Forenses, orientada pelos Professor Doutor Duarte Nuno Vieira e Maria Emília Azenha e apresentada à Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra

Julho de 2013



UNIVERSIDADE DE COIMBRA





**FACULDADE DE MEDICINA DA UNIVERSIDADE DE COIMBRA**

**CRISTINA ISABEL DE PAIVA FIGUEIREDO**

**IMPORTÂNCIA DAS ALTERAÇÕES DOS  
COMPÓSITOS DENTÁRIOS NA  
IDENTIFICAÇÃO DE CARBONIZADOS**

**TRABALHO REALIZADO SOB A ORIENTAÇÃO DE:**

**Professor Doutor Duarte Nuno Vieira**

**Professora Doutora Maria Emília Azenha**

**JULHO 2013**





**FMUC** FACULDADE DE MEDICINA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Dissertação de candidatura ao grau de Mestre, apresentada à Faculdade de Medicina  
da Universidade de Coimbra.



*“Há um tempo em que é preciso abandonar as roupas usadas, que já têm a forma do nosso corpo, e esquecer os nossos caminhos, que nos levam sempre aos mesmos lugares. É o tempo da travessia: e, se não ousarmos fazê-la, teremos ficado, para sempre, à margem de nós mesmos.”*

*(Fernando Pessoa)*





*Aos meus pais*

*Ao meu João*

*À minha irmã*

*Aos meus amigos*

*À minha família*



## **AGRADECIMENTOS**

Embora acredite que um investigador percorra uma grande parte do seu caminho rodeado de solidão, a elaboração desta tese não teria sido possível sem o trabalho conjunto de algumas pessoas, que me acompanharam nesta longa jornada. A todas elas, o meu sincero muito obrigado. A minha tese não existiria sem a vossa ajuda!

Ao meu orientador, Professor Duarte Nuno Vieira, agradeço a compreensão, a partilha do entusiasmo, a acessibilidade e a prontidão com que me acompanhou nesta jornada.

À minha co-orientadora, Professora Maria Emília Azenha, o meu sincero muito obrigado pelas horas passadas, pela paciência demonstrada a cada pequena conquista, a confiança depositada no meu trabalho, os ensinamentos constantes. Sem a sua ajuda, esta tese não existiria.

Ao serviço de Genética e Biologia Forense, à Professora Maria João Porto e à Dr<sup>a</sup>. Filipa Balsa, o meu muito obrigado pela disponibilidade demonstrada sempre que a ajuda foi necessária.

Ao João, pelo apoio incondicional, pelo carinho e força nos piores momentos, nos momentos em que achei que não era capaz. Mas também pelo incentivo constante, pela curiosidade regular e pela paciência. Obrigado! És sem dúvida um pilar para toda a minha vida.

Ao meu pai e à minha mãe agradeço a preocupação, os conselhos em todas as fases, a partilha dos momentos alegres e dos momentos menos bons. Tornaram-se, ao longo da vida, o meu exemplo a seguir. Obrigado.

À minha irmã, agradeço a paciência e a amizade com que me acompanhou nas alturas mais difíceis, o interesse demonstrado constantemente. A palavra amiga e a compreensão, a partilha da tua experiência e o incentivo nos momentos importantes foram fundamentais!

À Margarida tenho que agradecer a amizade ilimitada, o interesse desinteressado, a partilha de todos os momentos, bons e maus. A paciência com que acompanhaste todos os pequenos passos. Esta tese tem também um bocadinho de ti.

Aos delegados comerciais da zona Centro das marcas Colthène e Grandio, um sentido obrigado pela cedência do material utilizado neste estudo, os compósitos Synergy D6 e Voco. Em especial ao promotor da marca Colthène, responsável pela região centro, Sr. Mark McMillan.

## ÍNDICE

<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>XVII</b>
-------------------------------	-------------

<b>ÍNDICE DE TABELAS .....</b>	<b>XXI</b>
--------------------------------	------------

<b>Capítulo I .....</b>	<b>27</b>
-------------------------	-----------

1.1 Introdução .....	29
----------------------	----

1.2 Objectivos .....	31
----------------------	----

1.2.1 Objectivo geral.....	31
----------------------------	----

1.2.2 Objectivos específicos .....	31
------------------------------------	----

<b>Capítulo II.....</b>	<b>33</b>
-------------------------	-----------

2.1 Medicina Dentária Forense .....	35
-------------------------------------	----

2.2 Anatomia Dentária .....	36
-----------------------------	----

2.2.1 Variabilidade Dentária .....	39
------------------------------------	----

2.3 Métodos de identificação dentários .....	41
--	----

2.3.1 Método comparativo.....	42
-------------------------------	----

(i) Recolha de Dados Ante-Mortem .....	47
--	----

(ii) Recolha de Dados Pós-Mortem .....	47
--	----

2.3.2 Método Reconstutivo .....	49
---------------------------------	----

2.4 Resinas Compostas .....	54
-----------------------------	----

2.4.1 Composição.....	54
-----------------------	----

2.5 Carbonização.....	61
-----------------------	----

2.5.1 Carbonização de Peças Dentárias.....	66
--	----

2.5.2 Carbonização de Resinas Compostas .....	68
<b>Capítulo III .....</b>	<b>71</b>
3.1 Compósitos.....	73
3.2 Preparação das amostras .....	74
3.3 Carbonização do material.....	77
3.4 Métodos de análise utilizados .....	78
3.4.1 Reflectância difusa .....	79
3.4.2 Espectroscopia de Fluorescência.....	81
3.4.3 Difracção de Raios-X .....	82
3.4.4 Análise Macroscópica .....	87
<b>Capítulo IV .....</b>	<b>89</b>
4.1 Análise dos inquéritos .....	91
4.2 Análise da reflectância difusa .....	92
4.3 Análise da fluorescência .....	95
4.3.1 Fluorescência dos compósitos.....	96
4.3.1.1 Fluorescência quando não calcinados .....	96
4.3.1.2 Fluorescência após calcinação à T= 200°C .....	101
4.3.1.3 Fluorescência após calcinação à T=250°C .....	104
4.3.1.4 Fluorescência após calcinação à T=300°C .....	106
4.3.1.5 Fluorescência após calcinação à T=500°C .....	108
4.3.2 Fluorescência da peça dentária.....	110

4.4 Análise da Difração de Raios-X.....	113
4.4.1 Peça dentária.....	113
4.4.2 Compósitos.....	115
4.5 Análise Macroscópica .....	118
<b>Capítulo V .....</b>	<b>123</b>
Limitações do estudo e Perspectivas futuras.....	127
<b>ANEXOS .....</b>	<b>129</b>
Anexo 1 – Inquérito realizado.....	131
<b>Capítulo VII.....</b>	<b>133</b>
Referências Bibliográficas .....	135





## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1</i> – Anatomia Dentária .....	36
<i>Figura 2</i> – Espectro da luz visível.....	38
<i>Figura 3</i> – Odontograma com divisão por quadrantes e <i>FDI Two-Digit Notation</i> (1). .....	40
<i>Figura 4</i> – Odontograma e esquema de numeração <i>FDI Two Digit-Notation</i> .....	40
<i>Figura 5</i> - Canforoquinona .....	55
<i>Figura 6</i> – Exciplex formado pela canforoquinona excitada e pela amina iniciadora. .....	55
<i>Figura 7</i> – Formação dos radicais amino e cetila. ....	56
<i>Figura 8</i> – Fórmulas Químicas das matrizes resinosas.....	57
<i>Figura 9</i> – Diagrama do efeito de fluorescência .....	59
<i>Figura 10</i> – Lei de Planck.....	60
<i>Figura 11</i> – Transição de estado existente na fluorescência.....	60
<i>Figura 12</i> – Esquema colorimétrico referente à sequência temporal das zonas anatômicas (DeHaan J, 2008) (2) .....	64
<i>Figura 13</i> – Diagrama da face anterior do crânio com sequenciação temporal das zonas envolvidas pela acção da temperatura (DeHaan J, 2008)(2) .....	64
<i>Figura 14</i> – Diagrama da face lateral do crânio com sequenciação temporal das zonas envolvidas pela acção da temperatura (DeHaan J, 2008)(2) .....	64
<i>Figura 15</i> – Compósitos dentários utilizados.....	73
<i>Figura 16</i> – Fotopolimerizador .....	74
<i>Figura 17</i> – Moinho ( <i>Freezer/Mill</i> ).....	75
<i>Figura 18</i> – Garrafa de azoto líquido .....	76
<i>Figura 19</i> – Vial com o material a triturar .....	76

<i>Figura 20</i> – Pó obtido após a trituração das amostras.....	76
<i>Figura 21</i> – Cadinho .....	77
<i>Figura 22</i> - Mufla.....	78
<i>Figura 23</i> - Espectrofotômetro .....	80
<i>Figura 24</i> – Almofariz com mistura do pó com sulfato de bário.....	80
<i>Figura 25</i> – Material prensado e pronto para análise de transmitância.....	80
<i>Figura 26</i> - Fluorímetro.....	81
<i>Figura 27</i> – Tubo de quartzo com material.....	82
<i>Figura 28</i> – Tubo de quartzo inserido no fluorímetro.....	82
<i>Figura 29</i> – Difractômetro .....	83
<i>Figura 30</i> – Detector de área gasoso, Curve Position Sensitive (perfaz ângulos de 0 a 120°).....	84
<i>Figura 31</i> – Botija de suprimento ao detector CPS.....	84
<i>Figura 32</i> – Capilares de análise das amostras.....	85
<i>Figura 33</i> – Capilares com amostras .....	85
<i>Figura 34</i> – Capilar inserido no difractômetro e pronto a ser analisado.....	86
<i>Figura 35</i> – Analisador multicanal.....	86
<i>Figura 36</i> – Lâmpada ultravioleta.....	87
<i>Figura 37</i> – Lei de Beer-Lambert. ....	92
<i>Figura 38</i> – Teoria de Kubelka-Munk .....	93
<i>Figura 39</i> - Transmitância dos compósitos não queimados, obtida por espectroscopia de reflectância difusa. ....	93
<i>Figura 40</i> – Absorvância dos compósitos obtida por espectroscopia de reflectância difusa. ....	94

<i>Figura 41</i> - Espectro de emissão dos compósitos não calcinados, com $\lambda_{exc.}$ de 280nm.....	96
<i>Figura 42</i> - Espectro de emissão dos compósitos não calcinados, com $\lambda_{exc.}$ de 320nm.....	97
<i>Figura 43</i> - Espectro de emissão dos compósitos não calcinados, com $\lambda_{exc.}$ de 400nm.....	97
<i>Figura 44</i> – Espectro de excitação dos compósitos Grandio e Synergy, com $\lambda_{em.}$ de 380nm.....	99
<i>Figura 45</i> - Espectro de excitação dos compósitos Grandio e Synergy, com $\lambda_{em.}$ de 430nm.....	99
<i>Figura 46</i> - Espectro de emissão dos compósitos, com $\lambda_{exc.}$ de 320nm , após calcinação à temperatura de 200°C.....	101
<i>Figura 47</i> - Espectro de emissão dos compósitos, com $\lambda_{exc.}$ de 400nm, após calcinação à temperatura de 200°C.....	101
<i>Figura 48</i> - Espectro de emissão dos compósitos, com $\lambda_{exc.}$ de 320nm, após calcinação à temperatura de 250°C.....	104
<i>Figura 49</i> - Espectro de emissão dos compósitos, com $\lambda_{exc.}$ de 400nm, após calcinação à temperatura de 250°C.....	104
<i>Figura 50</i> - Espectro de emissão dos compósitos, com $\lambda_{exc.}$ de 320nm, após calcinação à temperatura de 300°C.....	106
<i>Figura 51</i> - Espectro de emissão dos compósitos, com $\lambda_{exc.}$ de 400nm, após calcinação à temperatura de 300°C.....	106
<i>Figura 52</i> - Espectro de emissão dos compósitos, com $\lambda_{exc.}$ de 320nm após calcinação à temperatura de 500°C.....	108

<i>Figura 53</i> - Espectro de emissão dos compósitos em, com $\lambda_{exc.}$ de 400nm após calcinação à temperatura de 500°C.....	109
<i>Figura 54</i> – Espectros de emissão da peça dentária com $\lambda_{exc.}$ de 320nm. ....	110
<i>Figura 55</i> – Espectros de emissão da peça dentária com $\lambda_{exc.}$ de 400nm. ....	111
<i>Figura 56</i> – Espectro de excitação (a) e emissão (b) do triptofano, em meio tampão (pH = 7,4) .....	113
<i>Figura 57</i> – Difractogramas da peça dentária não calcinada e calcinada às diferentes temperaturas.....	114
<i>Figura 59</i> – Difractograma do compósito Synergy.....	115
<i>Figura 60</i> – Difractograma do compósito Grandio.....	116
<i>Figura 61</i> – Difractograma do compósito Herculite .....	117
<i>Figura 62</i> – Dente calcinado. 1- a 200°C, 2- a 300°C, 3- 500°C, 4- a 1000°C.....	118
<i>Figura 63</i> – Compósito Grandio calcinado. 1- a 200°C, 2- a 300°C, 3 – a 500°C, 4 – a 1000°C. ....	119
<i>Figura 64</i> - Compósito Herculite calcinado. 1 – a 200°C, 2 – a 300°C, 3 – a 500°C, 4 – a 1000°C. ....	119
<i>Figura 65</i> - Compósito Synergy calcinado. 1 – a 200°C, 2 – a 300°C, 3 – a 500°C, 4 – a 1000°C. ....	120
<i>Figura 66</i> – Fotografia com lâmpada UV aos compósitos calcinados a 200°C .....	121
<i>Figura 67</i> - Fotografia com lâmpada UV aos compósitos calcinados a 300°C.....	121

## **ÍNDICE DE TABELAS**

<i>Tabela 1</i> – Características dentárias relevantes para a avaliação (adaptado de Pretty IA, 2001 (17)).....	45
<i>Tabela 2</i> – Características periodontais relevantes para a avaliação (adaptado de Pretty IA, 2001(17)). .....	45
<i>Tabela 3</i> – Características anatómicas importantes para a avaliação (adaptado de Pretty IA,2001(17)). .....	46
<i>Tabela 4</i> – Actividades ocupacionais com repercussões dentárias (adaptado de Pretty IA, 2002).....	52
<i>Tabela 5</i> – Temperaturas máximas da chama (adaptado de DeHaan J, 2008 (2)) ...	62
<i>Tabela 6</i> – Resumo características dos compósitos Synergy D6, Grandio e Herculite XRV Ultra. ....	74
<i>Tabela 7</i> – Resultados obtidos dos inquéritos efectuados. ....	91
<i>Tabela 8</i> – Resumo dos máximos de emissão para as resinas analisadas à temperatura ambiente. ....	98
<i>Tabela 9</i> – Resumo dos máximos de excitação para as resinas Synergy e Grandio analisadas à temperatura ambiente. ....	100
<i>Tabela 10</i> – Resumo dos máximos de emissão para os compósitos à temperatura de 200°C. ....	103
<i>Tabela 11</i> – Resumo dos máximos de emissão para os compósitos analisados, à temperatura de 250°C. ....	105
<i>Tabela 12</i> – Resumo dos máximos de emissão para os compósitos calcinados à temperatura de 300°C. ....	107
<i>Tabela 13</i> – Resumo dos máximos de emissão para a peça dentária às diferentes temperaturas.....	112

Tabela 14 – Propiedades de fluorescência das moléculas orgânicas (adaptado de Sinyaeva ML, 2004)(59). .....	112
---	-----

## ***Resumo***

A identificação de cadáveres carbonizados apresenta-se como um desafio da prática corrente da Medicina Legal, principalmente devido à pouca informação que permanece conservada, após a destrutiva ação da temperatura. Nestes casos, toda a informação que possa ser recolhida do cadáver é fundamental e pode contribuir activamente através do método de identificação reconstrutivo.

O objectivo principal deste trabalho é propor um parâmetro auxiliar de avaliação num cadáver carbonizado e, nomeadamente na análise dentária, contribua para a sua identificação.

Tendo em vista o objectivo do trabalho, foi efectuado o estudo dos efeitos da temperatura em três marcas comerciais de compósitos dentários Voco<sup>®</sup> com o compósito Grandio, Kerr<sup>®</sup> com o compósito Herculite XRV Ultra e Colthène<sup>®</sup> com o compósito Synergy D6. Foram analisadas as alterações sobre as suas propriedades ópticas (fluorescência), sobre as propriedades macroscópicas (coloração) e difração de raios-X (transformações de fase). Estas propriedades foram analisadas à temperatura ambiente e quando submetidos a elevadas temperaturas (200°C, 250°C, 300°C, 500°C e 1000°C) tanto para os materiais de restauração como para a peça dentária não restaurada, que serve assim de controlo e comparação.

Concluiu-se que é possível utilizar os compósitos dentários como fonte de informação em corpos carbonizados, uma vez que estes apresentam diferentes comportamentos a nível óptico que permitem a sua distinção. Os materiais fluorescentes utilizados pela indústria, comportam-se de modo distinto a temperaturas inferiores a 300°C, no entanto a avaliação da fluorescência dos materiais revela-se inconclusiva, para temperaturas iguais ou superiores a 300°C. A avaliação macroscópica não oferece informação relativa à distinção das marcas comerciais dos materiais de restauração utilizados, no entanto promove a distinção entre material de restauração e o dente. A análise por difração de raios-X diferencia uma das marcas de compósito (Herculite) das restantes e também do dente a qualquer temperatura.





## ***Abstract***

The identification of carbonized bodies is a challenge in the practice of Legal Medicine, especially due to the lack of information that is preserved after the action of high temperatures. In such cases, all the information that can be collected from the corps assumes vital importance and contributes to the identification of the victim.

The main objective of this study is to propose a method of avaluation of bodies subjected to high temperatures that can contribute to identification.

The aim of this study is to evaluate Three brands of dental composites Voco<sup>®</sup>, Kerr<sup>®</sup> and Colthéne<sup>®</sup> with the commercial names of Grandio<sup>®</sup>, Herculite XRV<sup>®</sup> and Synergy D6<sup>®</sup> respectively before and after they are subjected to high temperatures. It is also an objective to compare the differences in optical properties, macroscopic properties and X-ray diffraction between the three commercial brands. Resin composites were analized at room temperature and at a range of high temperatures (200°C, 250°C, 300°C, 500°C and 1000°C). Teeth were used as controls and were analized at the same temperatures as the resin composites.

We have concluded that it is possible to use dental resin composites as a source of information in carbonized bodies, due to their different behavior in the optical level. Every method of dental identification that is based in fluorescence of dental composites will be inconclusive, at temperatures of 300 or more Celsius degrees, but can differentiate, at lower temperatures, the brands of resin composite studied. In situations of victims subjected to high temperatures, when other methods of identification cannot be used, this method can provide additional and essential information to make the identification. The macroscopic evaluation can't differentiate the resin brand, however can differentiate clearly restaurative materials from teeth. X-ray diffraction techniques can differentiate one specific brand of resin composite (Herculite) from others and from the teeth at all temperatures tested.



## ***Capítulo I***

# **INTRODUÇÃO E OBJECTIVOS**



## **1.1 Introdução**

A identificação de cadáveres humanos através de métodos de medicina dentária forense é geralmente aceite pela comunidade científica e baseia-se na comparação de dados ante-mortem, registados em fichas clínicas preenchidas pelos profissionais de saúde, e dados post-mortem, obtidos pela observação da vítima.

Estes métodos baseiam-se no facto de se verificar uma grande variabilidade individual (tanto devido a alterações anatómicas na própria dentição como pelas alterações iatrogénicas), alterações de tamanho e forma (o que promove a sua fácil distinção relativamente a dentes não humanos), alterações da coloração, marcas especiais e alterações do esmalte (permitem determinar hábitos culturais, profissionais ou individuais).

Um dos casos em que a identificação das vítimas através de técnicas de medicina dentária forense é de extrema importância é o caso de vítimas de carbonização, uma vez que as elevadas temperaturas atingidas provocam a destruição total dos tecidos moles e destruição parcial dos tecidos duros, restando, nestes casos alguns fragmentos dentários e ósseos.

Nestes casos, as peças dentárias são, devido à sua constituição inorgânica, os constituintes do corpo humano que resistem melhor aos fenómenos destrutivos produzidos pela elevada temperatura.

Muitas peças dentárias são sujeitas a processos iatrogénicos no decorrer de tratamentos necessários para o indivíduo, em que são utilizados materiais restauradores de modo a preencher o espaço resultante da remoção de lesões de cárie.

Um dos materiais restauradores mais frequentemente utilizado no nosso país é o chamado compósito. O compósito é constituído por uma matriz resinosa orgânica envolvendo uma parte inorgânica constituída por partículas que são variáveis de acordo com as características de polimento, manuseamento, radiopacidade e resistência conferidas pelo material. As partículas que compõem a parte inorgânica do compósito podem variar entre silicato de bário, quartzo, ou silicato de zircónio misturados com partículas de menores dimensões de sílica. A matriz orgânica normalmente é menos variável e é constituída por resinas de dimetacrilato (BISGMA) ou de uretano dimetacrilato (UDEMA), misturadas com inibidores da fotopolimerização, iniciadores,

e pigmentos orgânicos que conferem a coloração. Recentemente são adicionadas, à constituição dos compósitos, substâncias que lhe conferem fluorescência de modo a mimetizar a fluorescência natural das peças dentárias.

## **1.2 Objectivos**

### **1.2.1 Objectivo geral**

Propor um parâmetro auxiliar de avaliação num cadáver carbonizado, que contribua para a sua identificação de uma maneira fidedigna, baseado na alteração das propriedades ópticas e estruturais dos compósitos dentários.

### **1.2.2 Objectivos específicos**

- Identificar as alterações que ocorrem nos materiais de restauração quando sujeitos a elevadas temperaturas em características como:
  - . Coloração
  - . Composição
  - . Fluorescência;
- Diferenciar as alterações verificadas de acordo com patamares de temperaturas;
- Diferenciar as alterações verificadas de acordo com a marca comercial do compósito utilizado;
- Propor um método complementar, que conjuntamente com os métodos existentes, auxilie o especialista forense na identificação de corpos carbonizados;





## ***Capítulo II***

# REVISÃO DA LITERATURA



## **2.1 Medicina Dentária Forense**

A medicina dentária forense é uma área da Medicina Legal que tem vindo a ganhar um interesse progressivo e que se tem tornado cada dia mais relevante para a identificação humana (1). Este interesse das ciências forenses pela área da Medicina Dentária deve-se ao facto dos dentes serem tecidos mineralizados com uma elevada resistência tanto à acção das diferentes fases putrefativas como à de agentes externos.

Devido às características da cavidade oral ela é comunmente identificada como a “caixa negra” do corpo humano, uma vez que consegue preservar dados respeitantes à causa de morte quando outros elementos que poderiam ser utilizados já se tornaram inutilizáveis. Esta ideia baseia-se não só na elevada resistência das peças dentárias, mas também ao facto de haver uma grande variabilidade individual e no facto dos constituintes da cavidade oral estarem protegidos por um conjunto de tecidos que conferem mais uma barreira de protecção.

Em cadáveres carbonizados, as peças dentárias são muitas vezes o único elemento identificador que permanece uma vez que, como já foi referido, são elementos altamente mineralizados (o esmalte dentário pode ser considerado praticamente indestrutível). Em casos em que não houve carbonização, as peças dentárias podem mesmo ser preservados indefinidamente, consoante a constituição do solo podendo sofrer mineralização ou fossilização (2, 3)

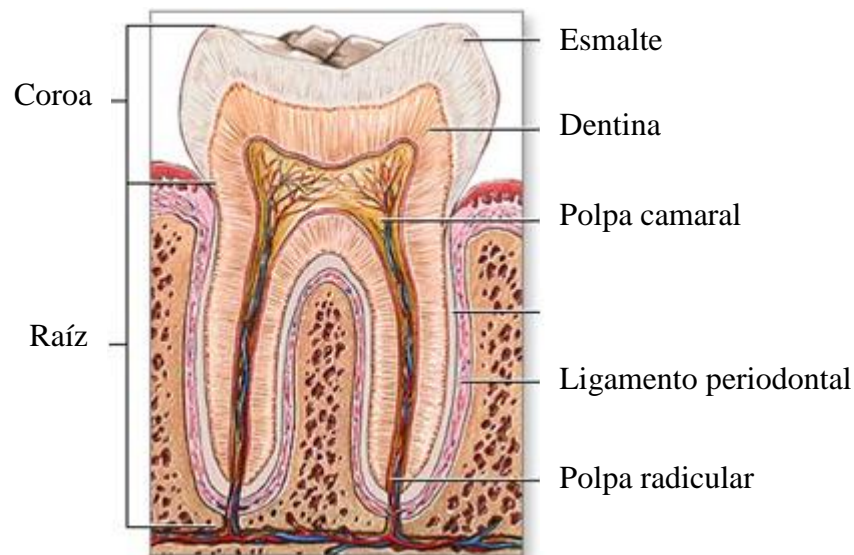
É por esta razão que o estudo das peças dentária e a intervenção de um médico dentista forense é de extrema importância quando nos referimos a cadáveres que sofreram carbonização, situação que se tem tornado mais frequente devido ao aumento do número de desastres envolvendo meios de transporte e situações de terrorismo. De salientar que, nas situações em que há exposição a elevadas temperaturas apesar das peças dentárias manterem aproximadamente as mesmas características, transformam-se em peças extremamente frágeis que devem ser manuseadas com as devidas precauções e de preferência por pessoas devidamente treinadas.

## 2.2 Anatomia Dentária

Será feita uma breve descrição da anatomia dentária, de modo a tornar esta dissertação de fácil compreensão para todos aqueles que tenham especial interesse pela área da medicina dentária forense, qualquer que seja a sua formação base.

Tanto os dentes decíduos como os permanentes estão “suspensos” numa loca no osso alveolar, designado alvéolo e são envolvidos por um tecido conjuntivo e colagenoso denso e irregular denominado ligamento periodontal.

A região do dente que se encontra visível na cavidade oral é designada de coroa enquanto a região que se encontra no interior do osso alveolar é designada por raíz. A porção intermédia, que faz a separação entre as duas é chamada de colo dentário. Relativamente à sua constituição, o dente é composto por tecidos duros: o esmalte, a dentina e o cemento e por um tecido mole: a polpa dentária. As três substâncias calcificadas (tecidos duros) envolvem a polpa, tecido conjuntivo gelatinoso altamente irrigado e inervado que se encontra confinado a uma zona contínua subdividida em polpa camaral (localizada ainda na coroa dentária) e polpa radicular (localizado na raíz do dente) (*Figura 1*).



*Figura 1* – Anatomia Dentária

Os tecidos mineralizados que fazem parte da constituição das peças dentárias são o esmalte, a dentina e o cimento. A dentina é o tecido que envolve a polpa dentária tanto a nível coronal como radicular e é revestida na coroa por esmalte e na raiz por cimento.

O esmalte é o tecido mais duro que existe no corpo humano, tecido que é transparente, aparentando a cor da dentina subjacente. O esmalte é composto por 96% de hidroxiapatite de cálcio e 4% de matéria orgânica e água. A porção calcificada do esmalte é composta por cristais largos envoltos numa camada fina de matriz orgânica. O componente orgânico do esmalte é um composto de glicoproteínas de elevado peso molecular rico em tirosina, designado por enamulina. O esmalte é produzido por células chamadas de ameloblastos que se encontram ativas antes da erupção dentária, pelo que o organismo humano não tem capacidade para o reparar.

Durante a sua fase de formação o esmalte dentário é composto por segmentos que aderem uns aos outros por camadas que formam os chamados prismas de esmalte.

A dentina é o segundo tecido mais duro do corpo humano, apresenta uma coloração amarelada e um elevado grau de elasticidade, o que protege o esmalte de fracturar. A dentina é composta por 65 a 70% de hidroxiapatite, 20 a 25% de matéria orgânica e por 10% de água. A maior parte do material orgânico é colagénio tipo I associado a proteoglicanos e glicoproteínas (4). As células produtoras de dentina são designados de odontoblastos e, ao contrário do que acontece com os ameloblastos estão presentes durante toda a vida do dente. Estão localizados na periferia da polpa e apresentam extensões citoplasmáticas chamadas de processos odontoblásticos que ocupam espaços específicos tipo túneis existentes na dentina, designados por tubulos dentinários. A dentina tem, por isso, capacidade de auto-reparação através da aposição de dentina nova, designada de terciária ou reaccionária, na zona onde estão localizados os odontoblastos provocando uma retracção pulpar.

Tanto o esmalte dentário como a dentina apresentam capacidade de fluorescência, isto é, absorvem luz ultravioleta e emitem luz visível no azul (*Figura 2*). A emissão de luz por fluorescência é caracterizada pela sua rapidez, uma vez que acontece em períodos de tempo inferiores a  $10^{-8}$  segundos.

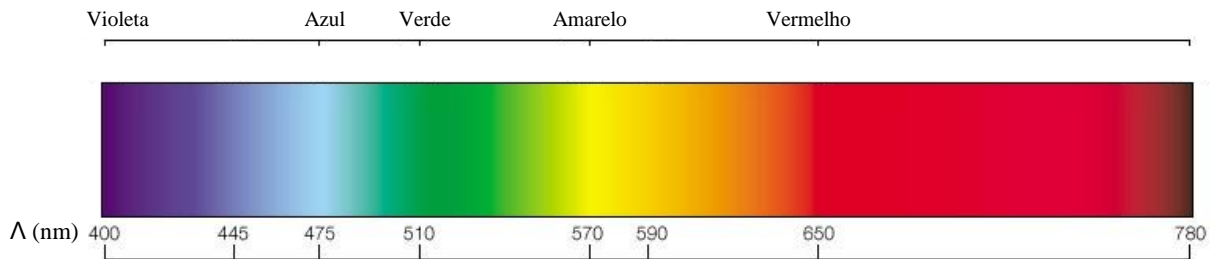


Figura 2 – Espectro da luz visível.

No tecido dentário, o constituinte que apresenta maior capacidade de fluorescência é a dentina, uma vez que esta apresenta na sua constituição mais colagénio e também triptofano, um aminoácido fluorescente (5).

O espectro de fluorescência do esmalte dentário é caracterizado por uma banda ampla com máximo a 450nm. Esta banda caracteriza-se por uma diminuição de intensidade progressiva até aos 680nm. Relativamente à dentina, o espectro de fluorescência apresenta o seu máximo aos  $440 \pm 10$ nm, apresentando uma intensidade de fluorescência cerca de três vezes maior que o esmalte (6, 7).

O cimento é o terceiro dos tecidos mineralizados que constituem o dente, encontrando-se limitado à raiz dentária. O cimento é composto por 45 a 50% de hidroxiapatite e 50 a 55% de matéria orgânica e água sendo que a maioria do material orgânico presente é colagénio tipo I associado a proteoglicanos e glicoproteínas. A região apical do cimento apresenta umas células designadas de cementócitos dentro de lacunas existentes nesta zona, que conferem a este cimento o nome de cimento celular, enquanto que o cimento localizado mais coronalmente não apresenta estas células sendo por isso denominado de cimento acelular. O cimento apresenta em toda a sua extensão cementoblastos, células responsáveis pela formação de cimento durante toda a vida do dente.

A polpa dentária é o tecido mole presente do dente e é constituído por um tecido conjuntivo gelatinoso rico em proteoglicanos e glicosaminoglicanos e apresenta vascularização, inervação e elementos de circulação linfática. A polpa comunica com o ligamento periodontal através de um orifício designado de foramen apical localizado na ponta da raiz, por onde passa o rolo vasculo-nervoso. É comum dividir a polpa em três grandes áreas, a mais externa, a zona odontoblástica da polpa é composta por uma única

camada de odontoblastos, cujos processos se estendem para os túbulos dentinários contíguos; a zona livre de células que forma a camada subsequente; e por último a zona rica em células como fibroblastos e células mesenquimatosas que envolve o centro pulpar (4). O centro pulpar é altamente vascularizado e apresenta fibras nervosas sensitivas – responsáveis pela dor, e fibras nervosas motoras – responsáveis pelo controlo do diâmetro do lúmen dos vasos sanguíneos.

### **2.2.1 Variabilidade Dentária**

Os métodos de identificação dentários baseiam-se no facto da dentição humana ser constituída por variadas peças dentárias e no facto de serem utilizadas nomenclaturas uniformizadas mundialmente, em que as peças dentárias são identificadas e catalogadas de modo a ser possível a comparação de fichas clínicas com qualquer proveniência.

A Federação Dentária Internacional desenvolveu, em 1971 um sistema de identificação dentário através da sua representação por dois dígitos. Este sistema é denominado de *FDI Two-Digit Notation* podendo ser também referenciado como ISO-3950. Este sistema é baseado na divisão da cavidade oral de um indivíduo em quatro quadrantes, o superior direito ou número um, o superior esquerdo ou número dois, inferior esquerdo ou número três e inferior direito ou número quatro. Dentro de cada quadrante existem oito peças dentárias, um incisivo central designado por número um, um incisivo lateral designado por número dois, um canino designado por número três, dois pré-molares, sendo que o mais próximo do canino corresponde ao número quatro e o seguinte ao número cinco e três molares numerados também por ordem do mais próximo do pré-molar para o mais distante pelos números seis, sete e oito.

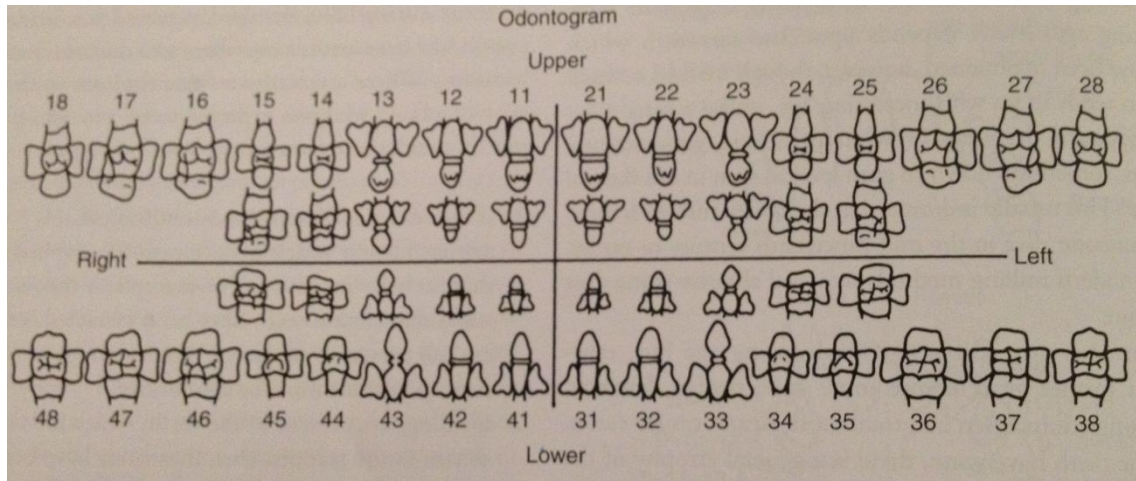


Figura 3 – Odontograma com divisão por quadrantes e FDI Two-Digit Notation (1).

De um modo geral as peças dentárias são representadas por um esquema, ou odontograma, presente nas histórias clínicas onde são representados os procedimentos existentes na cavidade oral do paciente quando este se apresenta pela primeira vez no consultório médico, alguns achados que sejam considerados relevantes e os procedimentos realizados na cavidade oral do paciente.

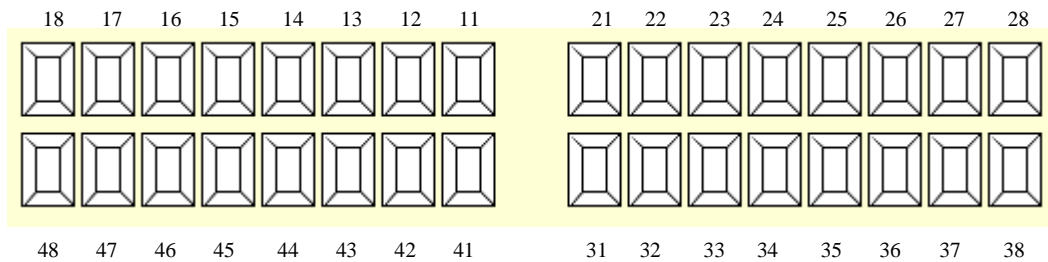


Figura 4 – Odontograma e esquema de numeração FDI Two Digit-Notation

As peças dentárias são utilizadas como auxiliares da identificação humana nas ciências forenses uma vez que existe uma grande variabilidade individual e também uma grande variabilidade associada à raça humana (caucasóides, mongolóides e negróides).

Para além desta variabilidade individual, existe também uma variabilidade resultante de tratamentos dentários iatrogénicos a que o indivíduo foi sujeito em vida.



Tratamentos restauradores, como restaurações de peças dentárias através da utilização de materiais como amálgamas e compósitos, tratamentos reabilitadores como a substituição de peças dentárias cariadas ou perdidas por prótese fixa (coroas, pontes ou implantes) ou mesmo tratamentos radicais não restauradores como cirurgias.

Estas alterações, observadas no seu conjunto, poderão ser suficientes para que um indivíduo possa ser considerado único aos olhos de uma pessoa qualificada para o verificar. É de salientar que os indivíduos que foram sujeitos a um maior número de alterações iatrogénicas são aqueles em que se verifica uma maior facilidade de identificação, uma vez que existe um maior número de parâmetros que podem ser comparados.

### **2.3 Métodos de identificação dentários**

Existem variados métodos de identificação utilizados atualmente pela Medicina Dentária Forense.

Os conhecimentos técnicos dos Médicos Dentistas Forenses são necessários para auxiliar na identificação de cadáveres, nas mais variadas situações, como crimes violentos, acidentes de viação e acidentes de trabalho, além de todas as situações em que os cadáveres tenham sofrido alterações de tal forma graves, que impossibilitem outros métodos de identificação (1).

Situações em que os corpos foram carbonizados, ou em que existe um longo período desde a morte até ao aparecimento do corpo, são também situações onde a Medicina Dentária Forense desempenha um papel de extrema importância.

Existem variadas razões para a necessidade imperiosa de identificar os restos cadavéricos encontrados. Estas podem ser:

- de Foro Criminal, tendo como objetivo a identificação da vítima e a determinação da causa de morte;
- de Foro Social, dado existir um dever da sociedade para com o cidadão de preservar os seus direitos, tanto humanos como de dignidade, mesmo posteriormente à sua morte;

- do Foro Psicológico, uma vez que a identificação confere a familiares e amigos a possibilidade de realizar cerimónias fúnebres que dignifiquem o indivíduo.

A análise dentária tem vindo a ganhar uma importância crescente ao longo do tempo, principalmente devido à variabilidade, praticamente inesgotável, conferida pelas peças dentárias, mas também pela simplicidade e rapidez do método de avaliação.

Outra vantagem apresentada por este método está relacionada com a posição das peças dentárias, no interior da cavidade oral, e pela existência de uma proteção adicional conferida pelos tecidos de suporte.

Os métodos de análise dentária apresentam também uma importância crescente nas ciências forenses uma vez que, para além da identificação do indivíduo, conseguem providenciar uma série de outras informações relativas à sua vida e hábitos.

Os métodos de identificação utilizados podem ser divididos em métodos comparativos e métodos reconstrutivos, dependendo da forma utilizada para proceder à identificação do cadáver (1, 8). Ambos os métodos requerem uma avaliação sistemática da cavidade oral no cadáver, com identificação e caracterização dos tratamentos existentes.

Nos dias de hoje, em que os materiais de restauração estéticos são cada vez mais comuns, tanto em dentes posteriores como em anteriores, os Médicos Dentistas avaliadores deparam-se com dificuldades crescentes na sua identificação na cavidade oral (9, 10).

### **2.3.1 Método comparativo**

Este método baseia-se na comparação de dados pós-mortem (11) com dados ante-mortem (AM) recolhidos nas consultas habituais do médico dentista (12). Envolve técnicas como as radiografias periapicais, oclusais e panorâmicas que possuem, na maior parte das vezes, informação suficiente para o indivíduo ser caracterizado como único (13, 14), mas envolve também outros métodos como a comparação de modelos de gesso (realizados aquando de alguns procedimentos dentários), anotações realizadas na história clínica pelo médico-dentista, e a observação directa da cavidade oral (15, 16). É

utilizado quando não é possível utilizar outros métodos de identificação como por exemplo a identificação visual (17).

Para que este método de comparação seja aplicável, é imprescindível que haja evidência relativa à identidade do indivíduo (de modo a ser possível procurar a informação necessária), esteja envolvida uma população circunscrita, o indivíduo a identificar tenha recorrido a cuidados dentários e os procedimentos efectuados estejam descritos numa ficha clínica (1).

O método comparativo utiliza como suporte uma ficha dentária sistematizada, realizada por especialistas forenses. Nesta ficha são discriminados aspectos morfológicos das peças dentárias, tratamentos efectuados e alterações periodontais. Dependendo do número de similaridades entre os aspectos pós-mortem e os ante-mortem, é confirmada ou rejeitada a identificação com a qual os dados estão a ser comparados.

Após a comparação dos dados recolhidos ante e pós-mortem é necessário estabelecer um resultado que classifique o tipo de conclusões encontradas. Esta classificação não é baseada no número de pontos concordantes mas sim na sua força identificativa, não havendo, por isso um número mínimo de pontos concordantes (8).

Segundo o protocolo seguido pelas DVI teams (Disaster Victim Identification – equipas da Interpol), o resultado da identificação pode ser:

- Identificação – existe uma certeza da correspondência dos dados AM e dos PM;
- Identificação provável – existem características específicas coincidentes entre os registos PM e AM, mas existe pouca informação PM ou AM;
- Identificação possível – não existem características que excluam a identificação mas os dados AM, PM ou ambos são mínimos;
- Exclusão – os dados AM e PM são de pessoas diferentes
- Sem comparação possível.

Segundo a American Board of Forensic Odontology, em 2010, as conclusões podem ser (8, 12):

- Identificação positiva – existe uma concordância entre os dados AM e PM, sem qualquer discrepância inexplicável de modo que se pode concluir o estabelecimento da identificação;
- Identificação possível – os dados AM e PM apresentam características consistentes mas devido à qualidade das evidências pós-mortem ou ante-mortem não é possível o estabelecimento de uma identificação positiva;
- Evidência insuficiente – a informação disponível não é suficiente para basear uma conclusão;
- Exclusão – os dados ante e pós-mortem são claramente inconsistentes.

Quando o método comparativo é utilizado, e existe a possibilidade de observar a informação contida nos dados ante-mortem, estes devem ser tomados em consideração de modo a facilitar o processo comparativo e conseqüentemente a identificação. Todos os dados pós-mortem devem ser devidamente registados, de modo sistemático, de maneira a conseguir reunir o maior número de elementos possível.

Para o registo dos dados, devem ser utilizados formulários específicos, como o da Interpol – os DVI Forms, ou os da Cruz Vermelha – Dead Bodies Identification Forms.

Actualmente, a maioria das identificações efetuadas pela Medicina Dentária Forense são baseadas nas restaurações dentárias, nas lesões de cárie existentes, nos dentes ausentes e dispositivos protéticos. No entanto, devido à diminuição progressiva da incidência de cárie dentária (12) e conseqüentemente de tratamentos restauradores, os casos designados de não-tratados começam a ser mais comuns. Neste contexto, os tratamentos existentes na cavidade oral apresentam uma importância significativa, devendo ser aproveitados para a identificação de modo exaustivo.

Nas tabelas resumo que se seguem (*Tabela 1, Tabela 2 e Tabela 3*), encontram-se esquematizadas, em três grupos (características dentárias, periodontais e anatómicas) as estruturas que devem ser tomadas em conta do decorrer da avaliação.

Tabela 1 – Características dentárias relevantes para a avaliação (adaptado de Pretty IA, 2001 (17))

CARACTERÍSTICAS DENTÁRIAS		
<b>Dentes presentes</b>	Erupcionados/Não Erupcionados	Supranumerários
	Inclusos	Agnesias
	Permanentes/ Decíduos	
<b>Posição</b>	Rotação	
	Inclinação	
<b>Morfologia</b>	<b>Coroa</b>	<b>Raíz</b>
	Tamanho e Forma	Tamanho, Forma e Número
	Variações raciais	Reabsorções
	Fracturas	Fracturas
<b>Patologia</b>	<b>Coroa</b>	<b>Raíz</b>
	Cáries	Processo periapical
	Abrasão, Erosão	Granuloma
		Quisto
<b>Restaurações</b>	Material e Tipo de Restauração	
	Implantes	
	Coroas/ Pontes	

Tabela 2 – Características periodontais relevantes para a avaliação (adaptado de Pretty IA, 2001(17)).

CARACTERÍSTICAS PERIODONTAIS		
<b>Gengiva</b>	Contorno	
	Recessões	
	Coloração	
	Alterações inflamatórias	
	Placa e Cálculo	
<b>Ligamento</b>	Espessura	
<b>Periodontal</b>	Quistos laterais	
<b>Processo Alveolar</b>	Tamanho, Contorno	Padrão da lâmina dura
	Densidade óssea	Fragmentos radiculares
	Espessura do osso interradicular	Padrão de osso trabecular
	Exostoses, tórus	Perda óssea

Tabela 3 – Características anatômicas importantes para a avaliação (adaptado de Pretty IA,2001(17)).

CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS	
<b>Seio maxilar</b>	Tamanho, Forma Corpos estranhos
<b>Espinha nasal anterior</b>	Sutura intermaxilar
<b>Canal mandibular</b>	Foramen dentário Diâmetro Anomalias
<b>Processos condilar e coronóide</b>	Tamanho, Forma
<b>Articulação temporo-mandibular</b>	Anquilose Atrofia Fractura
<b>Outras patologias</b>	Glândulas salivares Neoplasias Evidência de cirurgia

No decorrer da comparação, é necessário ter em consideração o factor tempo, muitas vezes responsável por alterações normais, que têm que ser consideradas, para não originarem falsas exclusões e comprometerem o processo identificativo (18). Por exemplo, uma restauração em amálgama num registo ante-mortem, pode aparecer como uma restauração em compósito numa observação pós-mortem, mas manter a mesma conformação, ou um dente que apresente uma lesão cariada pode aparecer como um dente restaurado.

É também necessário salientar que podem existir erros no registo de dados ante-mortem, o que pode tornar a interpretação e comparação dos dados muito complicada. Sendo assim, o processo comparativo deve ser levado a cabo por profissionais competentes para o efeito e alertados para estas eventualidades. A comunidade médica deve ter a informação necessária para perceber o quão importante é o seu registo clínico diário (19).

**(i) *Recolha de Dados Ante-Mortem***

Qualquer processo de identificação de um corpo é iniciado com a recolha dos dados ante-mortem, que pode ser conseguida de diversas formas. Pode ser possível aceder aos dados directamente através do médico dentista, médico estomatologista ou por informações cedidas por familiares. Os familiares têm um papel de extrema importância no nosso país, uma vez que podem fornecer a informação relativa ao médico dentista assistente do indivíduo e podem também fornecer fotografias do indivíduo, em que seja notória alguma característica identificativa (má posição dentária, rotações, ausências, classes ortodônticas)(20).

Todos os elementos disponíveis são relevantes e essenciais, tendo como objectivo estabelecer uma identificação positiva. Para além da história clínica, motivo da consulta, queixa principal, antecedentes pessoais e familiares, os modelos de gesso, exames complementares de diagnóstico, como radiografias intra e extra-orais e fotografias devem ser utilizados, caso existam.

É de salientar a importância que a história clínica preenchida pelos médicos dentistas e/ou estomatologistas, no decorrer do seu dia-a-dia, apresenta. Nela deve estar registada toda a informação relativa ao estado em que o paciente se encontra quando se dirige ao consultório pela primeira vez. Devem também ser referidos todos os tratamentos efectuados, cronologicamente, identificando os dentes e faces dentárias envolvidas, assim como os materiais utilizados (21). As radiografias devem estar devidamente identificadas, através da data de execução e peças dentárias envolvidas (19). No entanto o ficheiro clínico é um documento sujeito ao erro humano, possivelmente com incongruências e muitas vezes com informação incompleta que pode mesmo confundir e deturpar a visão do médico perito numa identificação humana (15, 16).

**(ii) *Recolha de Dados Pós-Mortem***

Esta recolha deve ser iniciada pela observação extra-oral, centrada na região perioral, analisando todas as lesões de carácter traumático existentes. Posteriormente,

deve ser analisado o resto do corpo procurando lesões de origem buco-dentária. Seguidamente deve ser feita a exploração intra-oral, sendo esta iniciada com a observação dos tecidos moles. São recolhidas quaisquer informações que possam ser úteis para a identificação do indivíduo (tatuagens, patologias e pigmentações) ou para a reconstrução dos eventos que originaram a morte do sujeito (ferimentos nos tecidos moles, queimaduras).

Devem ser observadas as peças dentárias, de maneira completa e exaustiva recolhendo toda a informação e registando-a num odontograma. Este deve conter informações relevantes como as peças dentárias presentes e/ou ausentes, as que se encontram restauradas e com que material, se existem espaços reabilitados com implantes e qual a marca destes, assim como patologias e fracturas existentes tanto a nível dentário como ósseo, condições periodontais, malposições dentárias, entre outros (22).

Devem também ser radiografadas as peças dentárias que tenham qualquer tipo de restauração uma vez que facilmente podem ser comparadas com radiografias efectuadas ante-mortem verificando nelas todas as características existentes (23, 24).

Desde 1934 que a evolução dos materiais de restauração dentários tem vindo a aumentar o risco da sua não identificação, devido à semelhança que estes apresentam em relação ao tecido dentário (10).

Estão descritas novas técnicas de modo a melhorar a identificação visual de dentes restaurados com resinas compostas, uma vez que esta identificação é dificultada pelas características inerentes ao cadáver. Uma delas preconiza a aplicação de ácido ortofosfórico a 37%, provocando uma alteração da coloração diferencial entre resinas compostas e esmalte dentário (18). Outras defendem a utilização de corantes dentários posteriormente à actuação do ácido ortofosfórico a 37%, de modo a que o esmalte que rodeia a restauração seja pigmentado (10). Existem também técnicas que recorrem à utilização de luz ultravioleta, de modo a diferenciar a fluorescência emitida pelo esmalte dentário e a emitida pelos diferentes materiais de restauração (9, 25-27).

O exame intra-oral pode ser dificultado caso seja verificada rigidez cadavérica, pela impossibilidade de proceder à abertura bucal. Nestes casos, não deve ser realizada uma força excessiva na mandíbula para não provocar danos, tanto nas peças dentárias existentes como nos tecidos adjacentes, mas deve proceder-se à abertura bucal através da realização de uma força constante e progressiva na zona do mento tentando dessa forma quebrar a rigidez.



Caso não seja possível, deve ser efectuada a autópsia da cavidade oral (18). Uma das técnicas que pode ser utilizada é denominada por método de Keiser-Nielsen (28) que consiste na realização de uma incisão em forma de ferradura com cerca de 2 a 3 cm na base da mandíbula, seguindo o contorno do ramo ascendente até ao ângulo mandibular, seguida de uma incisão que segue a superfície externa do corpo mandibular até ao fundo do vestíbulo, seccionando assim a inserção do masséter. O tecido é então rebatido superiormente favorecendo a observação da arcada dentária na sua totalidade, assim como a oclusão do paciente. Para proceder à remoção completa da mandíbula deve realizar-se a dissecação e corte dos músculos masséter, temporal, milo-hioideu, pterigoideu e da cápsula articular. A maxila é excisada através de um corte horizontal num nível superior à espinha nasal anterior, de maneira a não envolver a raiz do canino e este corte deve ser posteriormente mais superior de modo a respeitar também as raízes dos dentes mais posteriores .

Devem também ser feitos os exames complementares de diagnóstico que forem considerados oportunos, como radiografias panorâmica e/ou periapicais, impressões, registos oclusais, fotografias, entre outros.

### **2.3.2 Método Reconstutivo**

O método reconstutivo é utilizado quando não existem dados ante-mortem passíveis de uma comparação ou quando não existem pistas que possam orientar para uma possível identificação. Assim, em corpos cuja identificação seja complicada (corpos mutilados, corpos com elevado grau de decomposição ou corpos carbonizados) podem ser utilizados estes métodos de identificação, em que são recolhidos, do corpo a identificar (ou seja, pós-mortem), o máximo de dados de modo a que se possa estabelecer um perfil da pessoa a identificar e restringir progressivamente o leque de pesquisa (12, 17).

Entre muitas das características que os médicos dentistas conseguem identificar, o sexo, a raça e a idade são os de maior relevância. O estabelecimento da idade é o critério mais útil e fidedigno, principalmente nas primeiras duas décadas de vida, em que a cronologia da erupção está estabelecida e datada. No entanto, após a segunda década de vida, ainda é possível estabelecer a idade do indivíduo, recorrendo aos

critérios sugeridos por Gustafson em 1950, que avaliam critérios como o desgaste oclusal das cúspides, a deposição de dentina secundária sobre a cavidade pulpar, o posicionamento do ligamento periodontal, a transparência e reabsorção radicular e a acumulação de cimento ao redor das raízes (1).

Relativamente à identificação do sexo, as peças dentárias têm um baixo poder discriminativo, no entanto, é possível avaliar as proporções dentárias, que apresentam uma maior diferença em indivíduos do sexo feminino e a inexistência da quinta cúspide nos primeiros molares inferiores, que é também indicativo do sexo feminino (1). Apesar de pouco consensual, há ainda autores que defendem o poder discriminativo do canino relativamente ao sexo (29). O canino é utilizado como peça chave para a identificação uma vez que é o dente que tem a raiz mais comprida e, conseqüentemente, é o dente que melhor resiste às alterações ocorridas no cadáver, a traumatismos e à doença periodontal. Um dos métodos utilizados é baseado na determinação do Índice Mandibular do Canino que foi sugerido por Nageshkumar em 1989 (29). Este índice é obtido através da razão entre o diâmetro mesiodistal da coroa do canino mandibular e a largura do arco mandibular entre os dois caninos. Quando o resultado é superior a 0,274 estamos perante um indivíduo do sexo masculino. Métodos mais recentes defendem a utilização de elementos genéticos para a determinação do sexo, como os corpos de Barr, presentes unicamente no sexo feminino (17).

O critério da raça é também difícil de estabelecer com recurso às peças dentárias, no entanto o tubérculo de Carabelli é mais comum em Caucasianos, os incisivos em pá ("*shovel-shaped*"), pérolas de esmalte e taurodontismo em Mongóis e os molares multicúspides em Negróides (1).

É ainda possível fornecer alguma informação relativa a hábitos pessoais, ocupação, zona de residência, história médica (algumas doenças são facilmente identificadas) e estatuto socio-económico.

1. Hábitos pessoais – o hábito de fumar cachimbo, que provoca lesões de abrasão na zona onde este é colocado na cavidade oral; o hábito de beber café, chá ou vinho que provocam a pigmentação das peças dentárias (parâmetro com baixa contribuição para a identificação individual uma vez que aparece generalizado na população). O consumo de cocaína é outros dos hábitos passíveis de identificar, devido às lesões orais a que dá origem. A cocaína é misturada com açúcar e é colocada na mucosa oral

(região vestibular, na zona do pré-molar superior), originando lesões cáriosas e lesões periodontais que não são verificadas na restante arcada dentária. O consumo de heroína, por sua vez, é caracterizado pela negligência da higiene oral, característica individualizante dado ser verificada em indivíduos jovens. Os heroínómanos quando em programas de reabilitação com metadona, são também identificados pela elevada incidência de cárie dentária facto explicável dado a sua administração ser feita através de um xarope com elevada concentração de açúcar (12, 17).

2. Ocupação – existem muitas actividades ocupacionais que originam uma grande perda de estrutura dentária, principalmente através do desgaste do esmalte, que pode ser originado por uma acção física, química ou de desmineralização (*Tabela 4*). O desgaste por acção física ou abrasão, pode ser verificada, por exemplo, numa costureira devido à acção repetida de cortar o fio de costura; a acção química ou erosão, que se baseia na dissolução dos cristais dentários quando presentes em meio ácido, poderá verifica-se em enólogos, onde a acidez do vinho contacta diariamente com as superfícies internas dos dentes e as lesões de desmineralização, quando aparecem nas superfícies vestibulares podem ser representativas de ocupações relacionadas com a produção de açúcar e derivados).

Tabela 4 – Actividades ocupacionais com repercussões dentárias (adaptado de Pretty IA, 2002)

Ocupação	Aparência dentária	Causa
Mineiros Trabalhadores de Cimento e Areia Trabalhadores de pedra Serradores	Abrasão generalizada	Formação de pó abrasivo e acumulação nas superfícies oclusais
Refinadores de açúcar Pasteleiros Fabricantes de doces	Lesões de desmineralização nas superfícies dentárias	Formação de depósitos de açúcar que permanecem estagnados nas superfícies dentárias
Metalúrgicos com contacto com: Cobre, Níquel, Ferro, Estanho	Pigmentação verde Pigmentação verde Linhas pretas finas Pigmentação amarela	Inalação de partículas de metal e inalação de fumos metálicos que levam à deposição de sulfureto de estanho
Trabalhadores químicos com contacto com ácido cítrico, tartárico, clorídrico, sulfúrico	Superfícies erodidas e polidas	Descalcificação do principalmente na superfície vestibular
Sapateiros, costureiras, sopradores de vidro, designers, electricistas	Abrasão de um único ou múltiplos dentes consoante a zona utilizada.	Segurar agulhas, cortar fios de linha entre os dentes

3. Zona de residência – uma vez que as técnicas e materiais utilizados são diferentes nas diversas zonas do mundo, existem tratamentos dentários que são característicos de uma determinada zona do globo, o que pode também ser utilizado como informação adicional no perfil do indivíduo a identificar.
4. Condição médica – neste caso as alterações ocorrem por erosão dos tecidos dentários o que ocorre preferencialmente nas suas superfícies internas. Dentro deste parâmetro de análise podem ser incluídas alterações como hérnias do hiato, úlceras gástrica e esofágica. Também são incluídas distúrbios alimentares, especialmente a bulímia, uma vez que esta condição favorece a erosão ácida das superfícies palatinas dos

dentes anteriores devido ao contacto com o conteúdo ácido do estômago. Em alcoólicos crónicos também são verificadas lesões similares devido ao vômito frequente.

5. Tratamentos médicos – os mais frequentes são a pigmentação das peças dentárias devido a tetraciclina, quando utilizado durante a gestação e a clorhexidina, quando utilizada por períodos contínuos superiores a 15 dias.
  
6. Alterações no número de dentes presentes na arcada dentária – existem alterações no número de dentes presentes na cavidade oral que se podem manifestar pelo aumento da contagem normal ou pela diminuição da contagem normal (dentes supranumerários ou agenesias, respectivamente). Estas características, uma vez que são pouco frequentes na população podem revelar-se uma característica de extrema importância para a identificação. Os dentes supranumerários mais prevalentes são designados de mesiodens, presentes em 0,15 a 1,9% da população (30), enquanto os dentes que sofrem mais frequentemente agenesias são os terceiros molares, incisivo lateral e segundos pré-molares (31).
  
7. Alterações do tamanho das peças dentárias – existem alterações relacionadas com o tamanho dos dentes, dentes maiores que o tamanho normal (macrodonτία), e dentes menores que o normal (microdonτία). Estas condições, por serem raras na população são também individualizantes.

É de salientar que nenhuma destas informações consegue, por si só fazer prova da identificação de um indivíduo, no entanto, oferecem informação que, toda reunida pode ser de extrema importância perante um indivíduo cuja origem é desconhecida (12).

## **2.4 Resinas Compostas**

O principal objectivo da medicina dentária actual é o de preservar estrutura dentária, prevenindo e tratando a patologia cariosa que envolve frequentemente as peças dentárias presentes na cavidade oral. Com o passar dos anos têm vindo a ser aprimorados os materiais dentários utilizados pelos médicos dentistas para restabelecer a estrutura dentária perdida, tendo em vista não só o restabelecimento da função mastigatória mas também a forma e cor do dente restaurado (32, 33).

As resinas compostas são actualmente, um dos materiais mais utilizados para restaurações dentárias, devido à comunhão verificada entre as suas propriedades estéticas e mecânicas (27, 34). São também indicadas para fracturas dentárias anteriores, encerramento de diastemas, camuflagem de má posição dentária e alterações de cor (35). Sendo assim, a probabilidade de um indivíduo apresentar este material na cavidade oral é elevada e, segundo o *Oral Health Programme* da Organização Mundial de Saúde, em 2009, a utilização deste material tem aumentado nos últimos anos. (36).

A combinação entre dentes tratados/ não tratados, presentes/ausentes torna-se de tal modo única que, em condições extremas como a carbonização, pode fornecer informação essencial à identificação humana. No entanto, caso seja possível contribuir com mais parâmetros, passíveis de análise, respeitantes ao material restaurador utilizado, poderá ser alcançado um patamar de certeza mais elevado (16, 27, 33). A análise dos compósitos mais utilizados, a várias temperaturas de calcinação, por técnicas de difracção de raios-X e fluorescência, desenvolvida neste trabalho irá dar um contributo neste campo.

### **2.4.1 Composição**

As resinas compostas são formadas por diversos monómeros que, quando polimerizados, as tornam sólidas. O tipo de reacção característico das resinas compostas é a polimerização por adição, iniciada por via radicalar (37) e envolve três fases distintas: a iniciação, a propagação e a terminação.

A activação das resinas compostas é feita através de uma fonte de luz visível, com comprimento de onda no espectro correspondente à luz azul (468nm). Neste caso são produzidos fótons que activam o fotoiniciador, a canforoquinona, cujas moléculas após serem excitadas passam para um estado excitado tripleto (*Figura 5*).

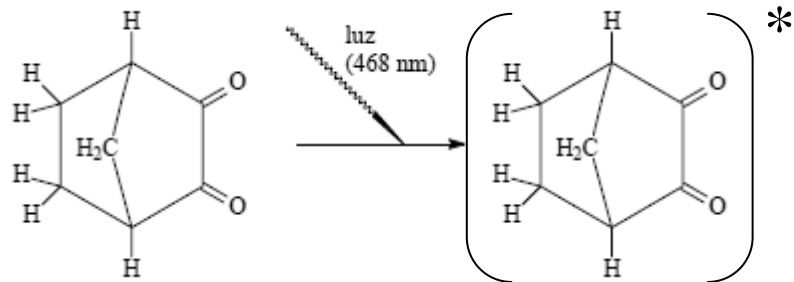


Figura 5 – Activação da Canforoquinona ao estado excitado tripleto

É neste estado excitado que a canforoquinona interage com uma amina iniciadora orgânica, designada amina redutora, recebendo desta um electrão, formando desta forma um exciplexo, caracterizado pela forte capacidade de transferência de carga (*Figura 6*). Devido à compatibilidade existente com a canforoquinona, a amina iniciadora mais utilizada é o dimetilaminoetilmetacrilato (DMAEMA).

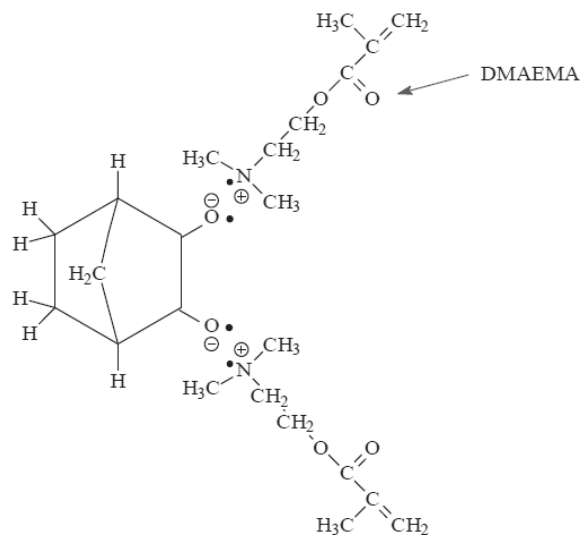


Figura 6 – Exciplexo formado pela canforoquinona excitada e pela amina.

Na forma de exciplexo a amina transfere um átomo de hidrogénio para a canforoquinona, resultando na formação de dois radicais, um radical amino e um radical cetilo (*Figura 7*). O radical amino, derivado da amina orgânica, é responsável pelo processo de iniciação da reacção de polimerização, uma vez que possui um electrão desemparelhado na camada de valência, que se adiciona à ligação alifática dupla presente no monómero, formando o radical iniciador. O radical cetilo, derivado da canforoquinona é inactivo pelo que estabelece ligação com outro radical semelhante, levando à terminação da cadeia.

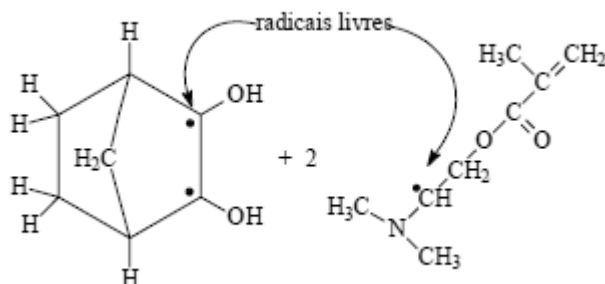


Figura 7 – Formação dos radicais amino e cetila.

Numa reacção de polimerização existe uma taxa de conversão, que nos indica a percentagem de monómero que após ter sido efectuada a reacção, foi transformado em polímero. No caso específico de uma reacção de adição em que ocorre a fotopolimerização a taxa de conversão é de 65 a 80%.

Os compósitos são formados por dois grandes grupos de constituintes. Os compostos orgânicos (consistem numa mistura de metacrilatos com inibidores de polimerização, pigmentos, iniciadores e fluoróforos) que compõem a matriz orgânica e as partículas inorgânicas ou partículas de carga, que conferem as propriedades físicas do material que o tornam capaz de substituir o tecido dentário perdido (38, 39).

Relativamente à sua constituição molecular podemos identificar três constituintes nas resinas compostas: a matriz, as partículas de carga e o agente de união. Esta estrutura básica é justificada pela complexa composição das peças dentárias e pela necessidade de existir compatibilidade biológica entre o material restaurador e a estrutura dentária.

Relativamente aos componentes das resinas compostas é necessário fazer referência à sua constituição molecular, pelo que falarei pormenorizadamente da constituição da matriz resinosa, das partículas de carga e do agente de união.



1. Matriz Resinosa - a maioria das resinas compostas utiliza uma mistura de monómeros dimetacrilatos aromáticos e/ou alifáticos. O mais amplamente utilizado é o bis-GMA, bisfenolglicidilmetacrilato, que apresenta uma elevada viscosidade. Essa elevada viscosidade torna necessária a sua associação com monómeros de menor peso molecular, de forma a possibilitar a incorporação dos restantes constituintes. São exemplos desses monómeros, designados comumente como monómeros diluentes pela sua capacidade de diminuição da viscosidade, o TEGDMA, trietilenoglicoldimetacrilato, e o UDMA, uretano dimetacrilato (*Figura 8*). Estes monómeros são responsáveis pela formação de polímeros com grande número de ligações reticuladas, uma vez que apresentam em ambas as extremidades duplas ligações de carbono. Esta matriz corresponde a uma das partes orgânicas que constitui a resina composta.

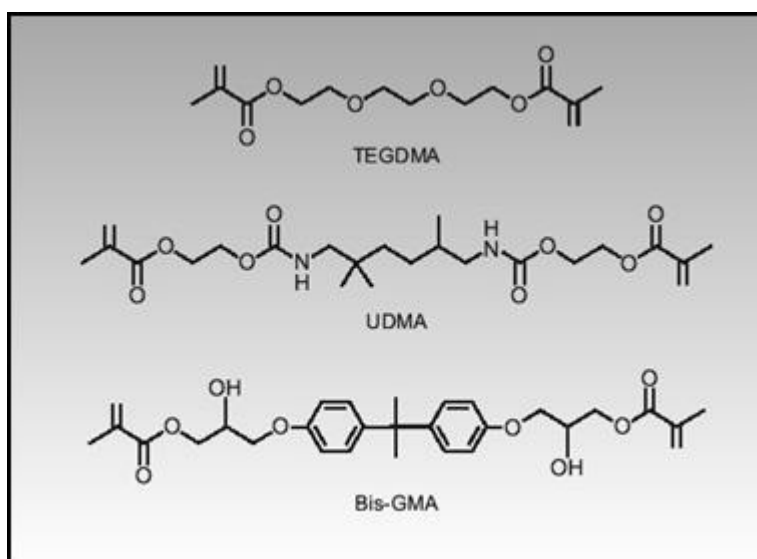


Figura 8 – Fórmulas Químicas das matrizes resinosas

2. Partículas de carga – as partículas de carga inorgânica são normalmente produzidas através da moagem de quartzo, de modo a obter partículas de tamanho micrométrico (de 0,1 a 100 $\mu$ m) que possam ser incorporadas na matriz orgânica; partículas de sílica submicrométricas de tamanho coloidal (0,04 $\mu$ m) designadas comumente de micropartículas, resultantes de um processo pirolítico ou de precipitação. A radiopacidade dos resinas

compostas é conferida por metais pesados como o bário, o estrôncio ou o zircônio. O mais utilizado é o vidro de bário, uma vez que é o metal pesado que se verifica mais estável no ambiente oral.

3. Agentes de união – é necessário que as partículas de carga estejam unidas à matriz resinosa, pelo que surgem os agentes de união. Estes agentes têm como principais funções promover e melhorar as propriedades físicas e mecânicas das resinas compostas e impedir que a água penetre na interface carga-matriz. O agente de união frequentemente utilizado é um organosilano, uma vez que esta molécula apresenta grupos funcionais capazes de reagir tanto com os grupos orgânicos presentes na matriz como com os grupos inorgânicos presentes nas partículas de carga.

No entanto os componentes estruturais não formam a resina composta na sua totalidade (40). Existem outros constituintes, igualmente importantes, que estão presentes em menores quantidades.

4. Fotoiniciador – o sistema de iniciação utilizado apresenta um fotoiniciador, a canforoquinona e uma amina iniciadora orgânica. Quando estes elementos são expostos à luz azul dão origem a radicais livres responsáveis pela iniciação da polimerização por adição. São necessárias pequenas quantidades de canforoquinona (0,2% em peso) para ser alcançado esse objectivo. As aminas mais utilizadas devido à compatibilidade com a canforoquinona são o dimetilaminoetilmetacrilato (DMAEMA), que também está presente em pequenas quantidades (0,15% em peso).
5. Inibidores – são utilizados para minimizar ou prevenir a polimerização espontânea dos monómeros. São designados de inibidores porque apresentam uma capacidade excepcional para captar radicais livres produzidos, impedindo-os de activar os monómeros. Um dos inibidores utilizados é o hidroxitolueno butilado (HTB) que é empregue na concentração de 0,01% em peso.
6. Modificadores ópticos – são constituídos por óxidos metálicos, acrescentados em pequenas quantidades de modo a conferirem translucidez ou radiopacidade e a mimetizar os tecidos dentários. Para aumentar a

opacidade são acrescentados dióxido de titânio e óxido de alumínio em quantidades mínimas. São também adicionados fluoróforos de modo a mimetizar as propriedades de fluorescência dos constituintes dentários.

### 2.4.2 Fluorescência

A fluorescência é a capacidade que uma substância possui de emitir espontaneamente luz num período de  $10^{-8}$ seg após ser excitada por absorção de luz. Este processo de emissão ocorre num comprimento de onda superior ao da luz absorvida e a partir do nível energético inferior (*Figura 9*) (7, 41-43).

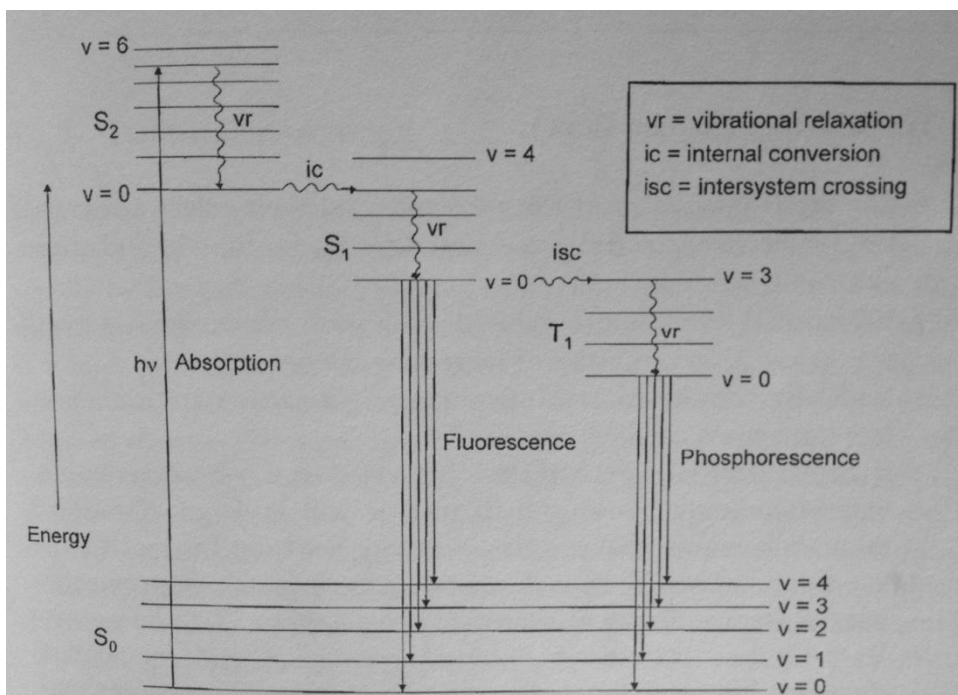


Figura 9 – Diagrama do efeito de fluorescência .

De acordo com a Teoria Quântica, a absorção ou emissão de luz ocorre pela transferência de energia (E) sob a forma de fótons. A energia de cada fóton é calculada através da lei de Planck, em que h corresponde à constante de Planck ( $6,63 \cdot 10^{-34}$ J.s) e  $\nu$  corresponde à frequência de oscilação de um fóton (Hz) (*Figura 10*).

$$E = h\nu$$

Figura 10 – Lei de Planck

A energia absorvida pelos fótons é fixada pelos átomos ou moléculas que, conseqüentemente, sofrem excitação passando de um estado energético fundamental para estados energéticos superiores, ou seja, estados excitados. Uma molécula electronicamente excitada, pode sofrer relaxamento através de processos físicos, resultando na emissão de luz (*Figura 9*) (44).

Na absorção molecular a energia total de uma molécula compreende quatro tipos de energia, a energia rotacional, a translacional, a vibracional e a electrónica. A energia rotacional está associada à rotação das moléculas em torno do seu centro de gravidade e a energia translacional está associada aos movimentos de translação das moléculas ao longo do seu eixo. A energia vibracional relaciona-se com a vibração dos átomos ou grupo de átomos dentro da molécula, ou seja, é o movimento periódico de um átomo em relação aos outros, em torno das suas posições de equilíbrio. A energia electrónica está relacionada com a distribuição dos electrões em torno dos núcleos dos átomos.

A fluorescência envolve, na maioria das vezes, uma transição do estado vibracional mais baixo ( $v=0$ ) do menor estado electrónico excitado ( $S_1$ ) para o estado electrónico fundamental ( $S_0$ ) (*Figura 11*).

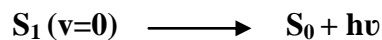


Figura 11 – Transição de estado existente na fluorescência

Em medicina dentária a existência de materiais fluorescentes na zona do azul assume extrema importância, de modo a oferecer aos materiais de restauração a sensação de brilho e cor semelhantes ao tecido dentário.

Existem materiais dentários, como as cerâmicas, que apresentam compostos inorgânicos responsáveis pela fluorescência, tais como europio, cerio e itérbio. A

fluorescência destas substâncias não é cumulativa, isto é, a fluorescência total não corresponde à soma das fluorescências parciais (5, 45).

No entanto, em relação às resinas compostas existentes no mercado, não são conhecidas as substâncias que lhes conferem fluorescência. Na bibliografia encontrada, não existe consenso, por parte dos autores, em relação ao tipo de composto responsável pela fluorescência nos compósitos dentários (46). Existem artigos que referem a incorporação de compostos inorgânicos nas partículas de carga à semelhança do que é feito com as cerâmicas dentárias (7, 45), existindo também bibliografia que defende que os fluoróforos incorporados nos compósitos dentários são compostos orgânicos (47).

As marcas comerciais, de modo a protegerem a composição dos seus materiais não as divulgam, mesmo quando contactadas individualmente (5).

## **2.5 Carbonização**

Uma panóplia de eventos pode originar a carbonização de um corpo, como acidentes de viação e de aviação, explosões ou acidentes naturais como terremotos. Pode envolver mortes acidentais, mortes por suicídio e homicídio ou até mesmo ser o mecanismo pelo qual se tenta encobrir uma morte.

Um relatório da National Fire Protection Association refere que as crianças apresentam uma probabilidade duas vezes maior de serem vítimas de incêndios em habitações, uma vez que apresentam uma menor capacidade de evacuação e uma maior rapidez na obstrução das vias aéreas superiores (48). A carbonização tem capacidade para destruir, deturpar e danificar evidências que poderiam estar ainda presentes, e que seriam capazes de originar informação essencial à reconstrução do caso e identificação dos intervenientes (49).

De uma maneira genérica podemos diferenciar dois tipos de fogo, o fogo latente ou sem chama e o fogo chamejante ou com chamas. O fogo chamejante é a forma de fogo mais destrutivo e, conseqüentemente o responsável pela carbonização de indivíduos. Este tipo de fogo tem a capacidade de se propagar com rapidez e de libertar grande quantidade de energia sob a forma de calor (2).

A temperatura da chama originada quando a maioria dos combustíveis ardem ao ar varia entre 800 a 1400°C, sendo que nos casos em que a atmosfera onde o fogo deflagra seja enriquecida com oxigênio as chamas produzidas podem atingir temperaturas de 3000°C (Tabela 5).

Tabela 5 – Temperaturas máximas da chama (adaptado de DeHaan J, 2008 (2))

<b>Madeira</b>	1027°C
<b>Gasolina</b>	1026°C
<b>Metanol</b>	1200°C
<b>Querosene</b>	990°C
<b>Gordura animal</b>	800-900°C
<b>Carvão</b>	1390°C

A maioria dos fogos com interesse forense acontece em ambientes fechados maioritariamente em habitações (1) mas também ocorrem em viaturas atingindo temperaturas limite de 649°C (47) pelo que se revela de interesse referir algumas características do desenvolvimento do incêndio nestes casos.

Os gases resultantes da combustão elevam-se na atmosfera e dão origem a uma camada no tecto que vai crescendo de cima para baixo. Estes gases podem escoar por qualquer área que encontrem como portas e janelas. Quanto maior for o incêndio, maior será a taxa de desenvolvimento dessa camada de gases existente e mais rápido será também o aumento da temperatura.

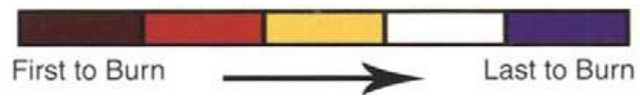
Estes incêndios podem ser limitados pela natureza do combustível ou pelo tamanho dos orifícios de ventilação. Por exemplo, num quarto de tamanho normal em que todas as janelas e portas se encontram fechadas, o incêndio originado será bastante limitado. Pelo contrário, caso esteja aberta uma janela que permita a entrada de ar fresco e a libertação de algum calor, o incêndio originado terá proporções muito maiores uma vez que a camada de gás formada atinge temperaturas tais que o calor radiante gerado é suficiente para causar a ignição de todos os combustíveis presentes.

No entanto, quando falamos de um corpo carbonizado, é necessário salientar que existe uma componente invariavelmente presente que corresponde à anatomia e fisiologia do corpo humano, que leva a que existam padrões e fenómenos caracterizantes não dependentes das características próprias do incêndio (1). Entre as características invariáveis podemos incluir a posição corporal e a sequência dos tecidos humanos envolvidos, a alteração colorimétrica do tecido ósseo e as fracturas verificadas no processo. A característica relevante para a medicina dentária forense é a sequência dos tecidos humanos envolvidos, uma vez que a cavidade oral e as peças dentárias presentes serão dos últimos elementos a serem envolvidos pelo fogo, uma vez que se apresentam protegidos por variados músculos e se encontram dentro de um meio húmido (meio oral).

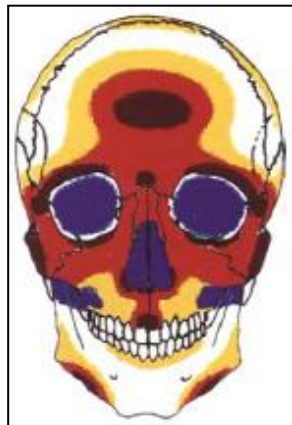
Um corpo, quando carbonizado apresenta uma posição característica designada de posição de pugilista. Esta posição resulta da contracção muscular, inerente ao encurtamento das fibras musculares, causada pela desidratação e desnaturação das proteínas em que dominam os músculos e ligamentos mais fortes (50). Os músculos flexores, dado serem mais volumosos que os extensores, demonstram um maior encurtamento, forçando os membros superiores e inferiores numa posição de flexão generalizada (1). São também frequentes a presença de uma posição corporal característica, em que o pescoço e a coluna vertebral formam um arco côncavo para trás, assim como a existência de espuma nas cavidades oral e nasal resultante do edema pulmonar causado pela irritação das vias aéreas e pulmões.

Sendo assim podemos concluir que esta contracção muscular promove a exposição aumentada de algumas zonas e a protecção de outras, mas de uma maneira geral, uma vez que a anatomia humana é semelhante em todos os indivíduos as áreas protegidas e desprotegidas serão idênticas (*Figura 12, Figura 13 e Figura 14*) (o que é verdade enquanto tenham permanecido tecidos moles, após essa fase, todos as regiões corporais serão igualmente expostas). Pode ser verificada a existência de espuma de coloração rosada, na cavidade oral e nasal, decorrente do edema pulmonar causado pelo efeito irritante da temperatura nos pulmões.

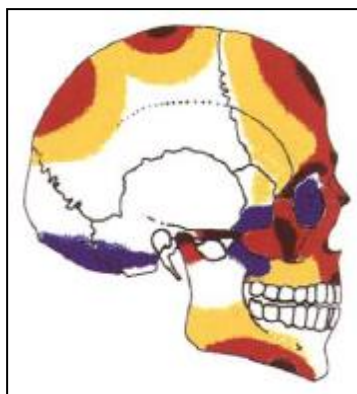
Em corpos severamente destruídos pelo fogo, a contracção dos músculos faciais decorrentes da acção da temperatura pode impedir a abertura bucal, impossibilitando a observação da cavidade oral e conseqüentemente das peças dentárias existentes. Nestes casos, é necessária a disseção dos tecidos e remoção tanto da maxila como da mandíbula, segundo a técnica descrita anteriormente (1).



*Figura 12* – Esquema colorimétrico referente à sequência temporal das zonas anatómicas (DeHaan J, 2008) (2)



*Figura 13* – Diagrama da face anterior do crânio com sequenciação temporal das zonas envolvidas pela acção da temperatura (DeHaan J, 2008)(2)



*Figura 14* – Diagrama da face lateral do crânio com sequenciação temporal das zonas envolvidas pela acção da temperatura (DeHaan J, 2008)(2)



A acção da temperatura provoca a alteração, ou mesmo destruição, das características individualizantes do corpo humano, o que torna a investigação complexa. Deve, por isso, haver um especial cuidado na investigação do local do crime, de modo a preservar toda a informação existente e de modo a que essa informação seja passível de ser colectada e posteriormente utilizada (51).

A medicina dentária forense já deu a conhecer todo o seu potencial quando se encontra perante um corpo carbonizado, fornecendo informação essencial ao estabelecimento da identificação do indivíduo mas também relativa às circunstâncias que envolvem o sucedido (27, 34, 48, 52-55).

Em 2002 e 2004 Merlati et al, analisaram o efeito da temperatura em próteses dentárias e restaurações com diferentes materiais. Como métodos de análise efectuaram observações macroscópicas e microscópicas, tendo concluído que existe uma relação entre a temperatura atingida e as alterações observadas, e que os materiais utilizados apresentam diferentes comportamentos (54, 55). Em 2005, Savio et al avaliaram radiograficamente dentes antes e após a acção da temperatura, divididos em dois grupos. Um grupo de dentes não restaurados e um grupo de dentes tratados endodonticamente e restaurados com compósito ou amálgama. Concluíram que o mesmo material sofre diferentes alterações consoante a temperatura a que é sujeito e que materiais diferentes apresentam características radiográficas diferentes à mesma temperatura (52). Em 2008, Bonavilla et al analisaram materiais de obturação canal em endodontia após a acção da temperatura, salientando a sua importância quando são atingidas temperaturas elevadas (superiores a 900°C), altura em que a estrutura dentária coronal não estará presente e a estrutura radicular assumirá um papel de extrema relevância (53). Em 2009, Karkhanis et al estudaram o comportamento de dentes decíduos quando expostos a diferentes temperaturas, avaliando exclusivamente as alterações sofridas pelos constituintes dentários. Relacionaram a importância do seu trabalho com o risco acrescido que as crianças apresentam de se tornarem vítimas da acção da temperatura, devido à maior incidência de obstrução das vias aéreas mas também pela sua diminuída capacidade de evacuação (48).

Em 2007, Bush et al utilizaram um espectrofotómetro de fluorescência de modo a analisar diferentes marcas comerciais de resinas compostas, tendo em vista a utilização das marcas comerciais como elemento complementar na análise de indivíduos sujeitos à acção da temperatura (27). Em 2007, Brandão et al investigaram as alterações de cor e brilho em duas marcas comerciais de compósitos dentários, após exposição a elevadas

temperaturas, através de técnicas de microscopia electrónica e espectrofotometria. Concluíram que o desenvolvimento de protocolos de avaliação dos fragmentos dentários e de materiais de restauração encontrados no local devia ser efectuado (34). Em 2009 Rattle e Bush avaliaram as alterações a nível óptico e de degradação estrutural em resinas compostas, após exposição a elevadas temperaturas, através de técnicas de espectroscopia de Fourier, microscopia electrónica de varrimento, difração de raios-X e iluminação ultravioleta, a três marcas comerciais. Concluíram que é possível distinguir as marcas comerciais, pelo que sugerem o desenvolvimento de técnicas de identificação baseadas nas características de cada marca comercial (47).

### **2.5.1 Carbonização de Peças Dentárias**

As peças dentárias são as estruturas mais mineralizadas do corpo humano, pelo que apresentam uma elevada resistência à decomposição cadavérica e à acção de agentes químicos e físicos, nomeadamente à carbonização. A resposta das peças dentárias e dos seus materiais restauradores ao fogo é envolvida de uma grande complexidade uma vez que apresentam na sua constituição materiais de diferentes origens, como material orgânico e inorgânico, que apresentam formas díspares de entrar em combustão.

A maior alteração observada é a diminuição de volume que se verifica em ambos os tecidos constituintes da coroa dentária, mas com maior evidência na dentina devido à maior quantidade de água na sua constituição. Essa diferença abrupta de volume origina uma força responsável pela separação entre ambos, iniciada na margem cervical da peça dentária (devido à menor espessura de esmalte nesta zona) que ocorre à temperatura de 450°C (48, 53).

A dentina, que apresenta uma maior quantidade de material orgânico, passível de sofrer pirólise, tende a arder mais rapidamente e a apresentar maior quantidade de alterações do que o esmalte, que apresenta uma carga inorgânica de aproximadamente 99%.

Estão relatadas na bibliografia diferentes respostas verificadas no esmalte quando exposto ao calor. Estas diferenças serão resultantes do modo de acção da temperatura, ou seja, se o dente for exposto a uma temperatura crescente, o esmalte

separar-se-á da dentina aproximadamente aos 450°C (48, 53), caso seja uma acção rápida e directa verificar-se-á a explosão do esmalte, dando origem a fragmentos de pequenas dimensões (51).

Em corpos queimados não completamente, variados autores defendem que os dentes anteriores são mais sacrificados que os dentes posteriores, uma vez que os lábios tendem a desidratar e retraindo expondo, assim, com maior rapidez os dentes anteriores que acabam por ser destruídos, ao contrário dos dentes posteriores que possuem protecção tanto pela região massetéica como pela língua (48, 56-58).

### **(i) Alterações na Coloração**

As peças dentárias quando são expostas a temperaturas baixas ou tempos de exposição curtos apresentam como cor característica o preto ou castanho e, à medida que a temperatura de exposição aumenta, ou aumenta a duração da exposição, a cor apresentada será branco ou azul-acinzentado .

A cor apresentada varia até alcançar a coloração branca correspondente à calcinação do tecido dentário, característica da fase onde houve uma evaporação total da matéria orgânica presente e onde permanece apenas o material inorgânico.

### **(ii) Alterações no Volume**

Os dentes carbonizados tendem a sofrer uma diminuição no volume apresentado que varia de 20 a 25%, sendo que esta alteração volumétrica se deve maioritariamente à alteração da dentina, devido ao seu maior conteúdo orgânico e de água. O esmalte, sendo constituído quase exclusivamente por material inorgânico não apresenta alterações verificáveis (27).

Os cristais inorgânicos remanescentes tendem a colapsar nos espaços vazios, originados devido à evaporação do material orgânico, podendo, caso o fogo atinja temperaturas mais elevadas (superiores a 800°C) ser verificada a fusão dos cristais inorgânicos existentes, o que evita posteriores alterações de volume e fracturas.

### **(iii) Alterações na Forma**

A forma da peça dentária sofrerá também uma modificação caracterizada pela existência de fracturas e pela fragmentação, mais previsível nos dentes posteriores que nos anteriores (27).

As fracturas verificadas seguem padrões característicos como fracturas transversais nas raízes e fracturas coronais longitudinais ou transversais, que dividem a coroa em quartos ou em metades. Pode também acontecer uma separação entre o esmalte e a dentina, permanecendo o esmalte intacto devido à diminuição de volume apresentado pela dentina ou podendo fracturar em múltiplos pedaços.

## **2.5.2 Carbonização de Resinas Compostas**

As resinas compostas ou compósitos são constituídas por partículas inorgânicas dispersas numa matriz orgânica, que perfazem cerca de 70% ou mais de peso na massa da resina. Estas partículas são adicionadas de modo a conferirem propriedades que permitem ao material ser utilizado na prática clínica de medicina dentária, de modo a substituir o tecido dentário perdido em diferentes circunstâncias. A resina composta apresenta também, na sua constituição, uma porção orgânica que vai sofrer a acção da temperatura, originando a sua completa carbonização. À semelhança do que se verifica nas peças dentárias o material de restauração vai sofrer uma alteração volumétrica, o que significa que pode libertar-se da peça dentária onde estava alojado e ficar nas suas imediações (27, 33, 53).

Quando um corpo é carbonizado a cavidade oral está fisicamente protegida, numa primeira fase, do contacto directo com o fogo através dos tecidos circundantes, pelo que algumas das propriedades apresentadas pelos materiais de restauração podem permanecer intactas.

**(i) Detecção de resinas compostas carbonizadas**

A utilização de aparelhos de raios-X é aconselhada e um dos métodos para a sua identificação, no entanto, a radiopacidade das resinas compostas é menor que a apresentada por materiais de restauração como a amálgama ou de reabilitação como as coroas metálicas e metalo-cerâmicas.

As técnicas de detecção através de características ópticas dos materiais estão também descritas na literatura. A exposição da cavidade oral do cadáver carbonizado a uma fonte de luz ultravioleta (UV) revela-se favorável à identificação dos materiais restauradores uma vez que, devido às semelhanças apresentadas com as peças dentárias, estes materiais são muitas vezes “invisíveis” sob observação com luz branca. (25).



## ***Capítulo III***

# MATERIAIS E MÉTODOS





### 3.1 Compósitos

Foi efectuado um inquérito, a 100 dentistas da região de Coimbra, de modo a definir quais os compósitos mais utilizados no ano de 2010 para a realização de restaurações estéticas em dentes posteriores.

Os compósitos seleccionados foram os das marcas Voco<sup>®</sup>, Kerr<sup>®</sup> e Colthène<sup>®</sup> com os compósitos Grandio<sup>®</sup>, Herculite XRV Ultra<sup>®</sup> e Synergy D6<sup>®</sup> respectivamente (Figura 15).



Figura 15 – Compósitos dentários utilizados

Foi efectuada uma pesquisa bibliográfica de modo a recolher toda a informação disponível relativa aos materiais de restauração estudados. Todos são compósitos híbridos, no entanto apresentam diferentes tamanhos médios das partículas de carga e apresentam também uma diferente proporção carga/peso medida em percentagem. A matriz resinosa utilizada é também diferente entre os compósitos analisados (

*Tabela 6).*

A escala de cor utilizada na avaliação deste compósitos foi a escala Vita, caracterizada pela existência de quatro cores básicas (matiz), correspondentes às letras A, B, C e D e de três saturações (croma) correspondentes aos números 1, 2, 3, 3,5 e 4. A matiz A corresponde à cor castanha, a B à cor amarela, a C à cinzenta e a D à vermelha e os números de 1 a 4 correspondem à quantidade crescente de saturação.

Tabela 6 – Resumo características dos compósitos Synergy D6, Grandio e Herculite XRV Ultra.

	<b>Synergy D6</b>	<b>Grandio</b>	<b>Herculite XRV Ultra</b>
<b>Marca Comercial</b>	Colthéne	Voco	Kerr
<b>Tipo</b>	Híbrido	Híbrido	Híbrido
<b>Cor (Vita)</b>	A2	B2	A2
<b>% carga/peso (w/w)</b>	80%	87%	79%
<b>Tamanho médio das partículas</b>	0,6 µm	1µm	0,4µm
<b>Matriz resinosa</b>	BISGMA(5-10%) TEGDMA (1-5%) UDMA ( 1-5%)	BISGMA(2,5-5%) TEGDMA	Uncured Methacrylate ester monomers

### 3.2 Preparação das amostras

De forma a mimetizar todas as características que o material utilizado possui quando presente em restaurações dentárias, os materiais selecionados previamente foram fotopolimerizados durante 30 segundos com recurso a um fotopolimerizador (*LED curing light unit*, modelo DB686) (*Figura 16*), e reduzidos a partículas de pequena dimensão, de modo a poderem ser utilizados nos métodos de análise propostos.



Figura 16 – Fotopolimerizador

A redução do material a pequenas partículas, foi efectuada com recurso a um moinho (*Spex SamplePrep 6770 Freezer/Mill*), que procede à trituração do material após este ter sido sujeito, numa fase prévia, ao congelamento pela ação de azoto líquido (*Figura 17 e Figura 18*). Este procedimento foi efectuado de modo idêntico para as peças dentárias, analisadas pelos mesmos métodos de análise que os materiais de restauração, de modo a permitir a análise comparativa dos resultados obtidos.

As peças dentárias utilizadas foram terceiros molares (sisos) inferiores e superiores não esterilizados e conservados em hipoclorito de sódio a 0,5% (solução de Dakin) desde o momento da extracção até ao momento da sua utilização neste estudo.

Para proceder à redução do material a partículas de pequenas dimensões, o material foi colocado em vias (*Figura 19*) onde através da movimentação de um pilão, o material é triturado resultando num pó homogêneo (*Figura 20*) .



*Figura 17 – Moinho (Freezer/Mill)*



Figura 18 – Garrafa de azoto líquido

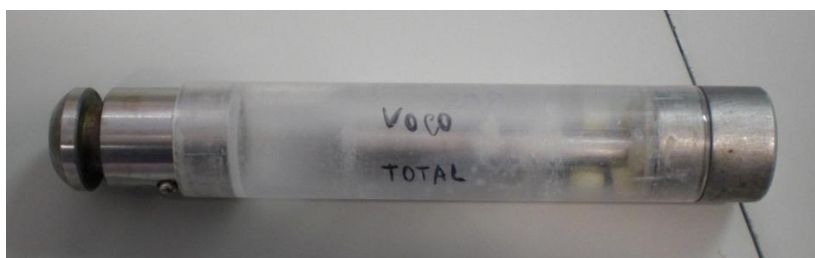


Figura 19 – Vial com o material a triturar

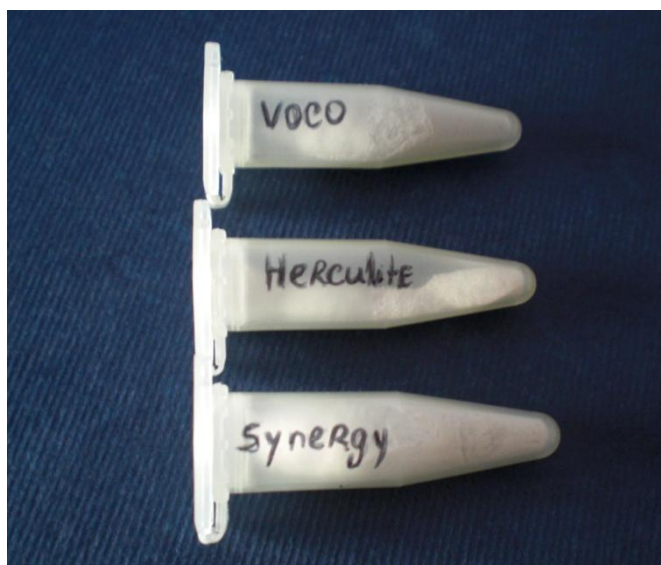


Figura 20 – Pó obtido após a trituração das amostras

### **3.3 Carbonização do material**

Os materiais de restauração dentária foram sujeitos a diferentes temperaturas, com o objectivo de avaliar as alterações sofridas e o seu efeito no comportamento dos materiais.

Para tal, foi utilizada uma mufla - *Vulcan 3-550, Ney* - que procedeu ao processo de queima às temperaturas de 200°C, 250°C, 300°C, 400°C, 500°C e 1000°C (*Figura 22*).

O material foi queimado, após ter sido colocado num cadinho (*Figura 21*), sendo que a duração do processo de queima foi de 1 hora após o estabelecimento da temperatura desejada.

Após ter sido efectuada a análise da reflectência difusa das amostras, foi testada a sua fluorescência à temperatura ambiente e temperaturas de queima de 250°C, 300°C, 400°C e 500°C, efectuando para tal espectros de emissão e de excitação.



*Figura 21* – Cadinho



*Figura 22 - Mufla*

### **3.4 Métodos de análise utilizados**

Os métodos de análise utilizados foram:

- (i) Reflectância difusa – Estudo dos espectros de reflectância difusa à temperatura ambiente com o intuito de obter informação sobre as bandas de absorção do material. Esta análise serve de base para a análise de fluorescência efectuada posteriormente.
- (ii) Fluorescência – Estudo dos espectros de emissão e excitação às diferentes temperaturas. Comparação dos resultados obtidos entre os diferentes compósitos estudados, comparação da sua intensidade em função da temperatura.
- (iii) Difração de Raios-X – Possibilita a determinação da composição e estrutura do material cristalino antes de ser sujeito a altas temperaturas e

após, permitindo a determinação das diferentes fases cristalinas envolvidas e transformações de fase.

- (iv) Análise Macroscópica – Possibilita a análise da alteração colorimétrica que o material sofre de acordo com a temperatura à qual foi sujeito.

### **3.4.1 Reflectância difusa**

O primeiro estudo efectuado foi a análise da reflectância difusa apresentada pelas amostras, de modo a obter informação sobre as bandas de absorção dos materiais. Esta análise é realizada em sólidos que possuam a capacidade de dispersar a radiação incidente em todas as direcções. A reflectância difusa estuda a radiação reflectida, ou seja, a radiação que é parcialmente absorvida e a que sofre múltiplos desvios nas interfaces das partículas individuais.

Esse estudo foi efectuado num espectrofotómetro de duplo feixe - *Shimadzu UV - 2450* - equipado com uma esfera integradora) (*Figura 23*), usando como referência o sulfato de bário. A amostra foi preparada misturando uma pequena porção de material a analisar com Sulfato de Bário ( $BaSO_4$ ) recorrendo a um almofariz, uma vez que este composto, normalmente utilizado como referência, apresenta uma absorvância praticamente nula (*Figura 24*). Quando completamente misturada, a amostra foi colocada num suporte próprio e devidamente prensada. Este procedimento foi efectuado para as três marcas de resina composta utilizadas (*Figura 25*).



*Figura 23 - Espectrofotômetro*



*Figura 24 – Almofariz com mistura do pó com sulfato de bário.*



*Figura 25 – Material prensado e pronto para análise de transmitância.*



### 3.4.2 Espectroscopia de Fluorescência

Após a acção da temperatura foi a estudada a fluorescência das amostras, e a sua variação consoante a temperatura a que o material tinha sido sujeito. Para isso foi utilizado um fluorímetro - *Spex Fluorolog FL 3-22* (Figura 26), duplamente monocromado e equipado com uma lâmpada de Xenon de 450W. A direcção da observação da fluorescência em relação à luz de excitação descreve um ângulo entre 30 a 45° (ângulo frontal). Esta angulação da incidência da luz foi escolhida de modo a diminuir a dispersão da luz, e é caracteristicamente utilizada para materiais que sejam analisados no estado sólido.

A análise da fluorescência é feita promovendo a excitação da amostra em estudo através de uma fonte de luz (lâmpada de Xenon), a determinados comprimentos de onda ( $\lambda$ ). De modo a ser possível obter informação espectral detalhada, são utilizados monocromadores tanto em emissão como em excitação. A detecção da fluorescência é feita por sistemas fotoeléctricos. Os dados assim obtidos são analisados e processados por um computador, que os mostram sob a forma de sinal gráfico.

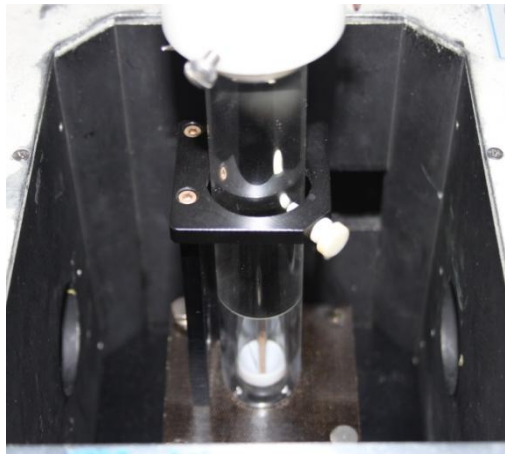


Figura 26 - Fluorímetro

O porta amostras foi num tubo de quartzo, onde se introduziu o material a ser analisado pelo fluorímetro (Figura 27 e Figura 28).



*Figura 27 – Tubo de quartzo com material*



*Figura 28 – Tubo de quartzo inserido no fluorímetro*

### **3.4.3 Difracção de Raios-X**

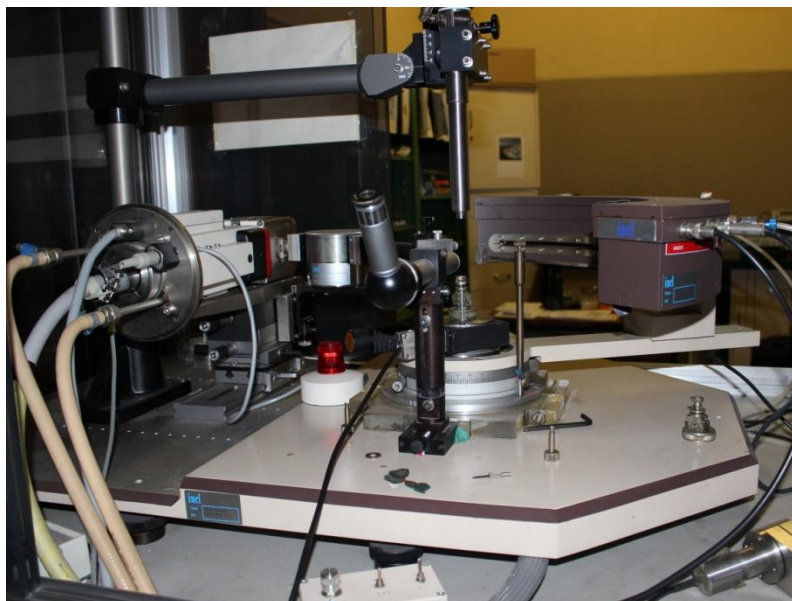
A análise por difracção de raios-X foi efectuada de modo a avaliarmos as transformações de fase observadas nos materiais após sofrerem as alterações provocadas pelo aumento da temperatura.

Esta técnica baseia-se na observação dos ângulos nos quais um feixe de raios-X emitido sobre o cristal da substância em estudo é reflectido, devido a interferências construtivas. Quando ocorrem interferências entre os feixes espalhados, observa-se um pico intenso cuja posição no difractograma pode ser utilizada para determinar a distância entre os átomos ou, no caso de uma estrutura tridimensional, entre os planos da rede cristalina. Desta forma identifica-se as fases cristalinas que estão presentes na amostra .

A difração de raios-X foi realizada com recurso a um difractor - *Enraf-Nonius FR 590* - (*Figura 29*), equipado com um detector de área gasoso INEL (*inel powder diffractometer with a fine focus copper X-ray tube*) que perfaz ângulos de curvatura de  $0^\circ$  a  $120^\circ$  (*Curve position sensitive – CPS*) (*Figura 30*) e utilizando como fonte de radiação a linha de emissão do Cobre. O detector de área é suprido por uma mistura gasosa de ar a 85% e de etano a 15% (*Figura 31*).



*Figura 29* – Difractor

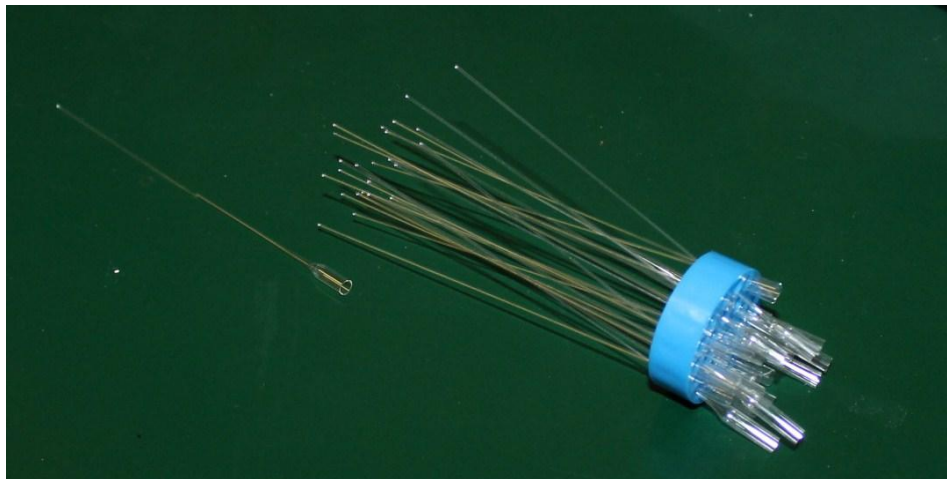


*Figura 30* – Detector de área gasoso, Curve Position Sensitive (perfaz ângulos de 0 a 120°)



*Figura 31* – Botija de suprimento ao detector CPS

As amostras para serem analisadas pelo difractómetro, foram inseridas em capilares (*Figura 33*, *Figura 34* e *Figura 345*) e os resultados obtidos num analisador multicanal (*Figura 35*).

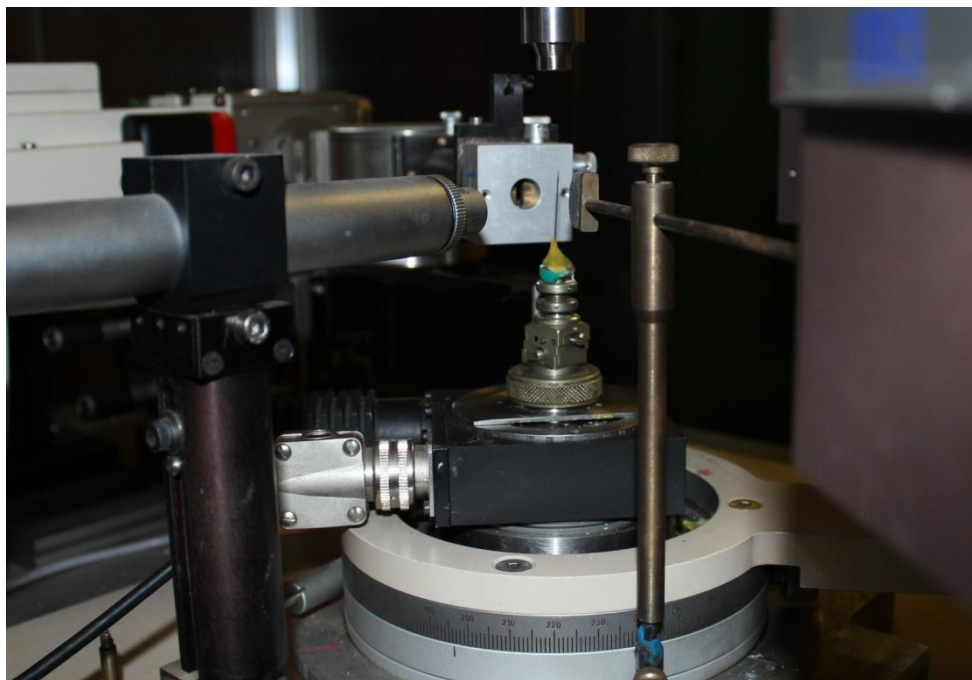


*Figura 32* – Capilares de análise das amostras

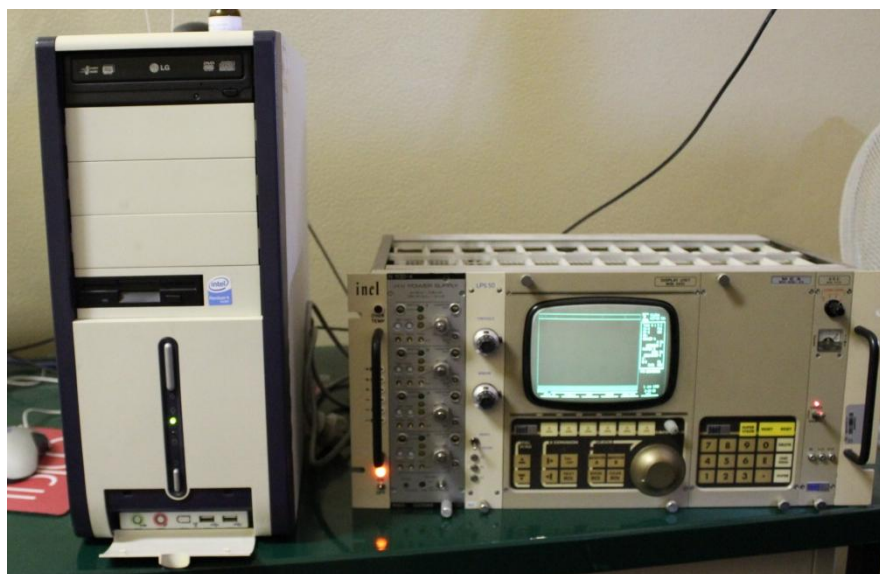


*Figura 33* – Capilares com amostras





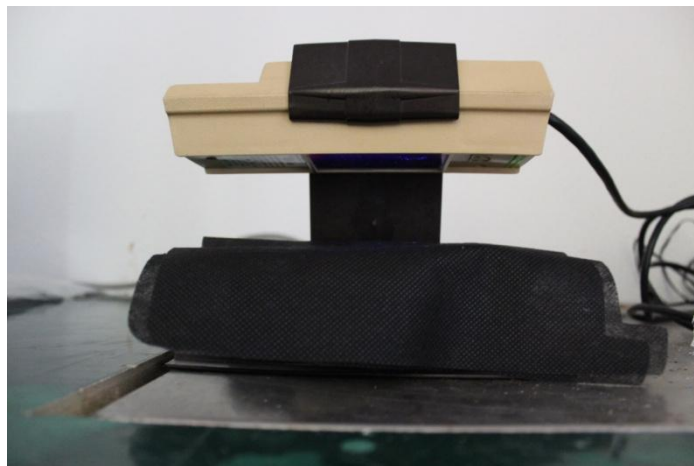
*Figura 34 – Capilar inserido no difractor e pronto a ser analisado*



*Figura 35 – Analisador multicanal*

### **3.4.4 Análise Macroscópica**

A análise macroscópica foi efectuada através da observação directa e fotografia das amostras sob a acção da luz solar e numa sala escura com recurso a uma lâmpada ultravioleta (*Figura 36*).



*Figura 36* – Lâmpada ultravioleta.





## ***Capítulo IV***

# RESULTADOS E DISCUSSÃO



#### 4.1 Análise dos inquéritos

Foi realizada a análise dos inquéritos efectuados a 100 dentistas da região centro. Da população de dentistas contactados foram obtidas 72 respostas (72%), sendo que existiram respostas múltiplas (dentistas que responderam com mais de uma marca comercial).

Os resultados obtidos indicam que as resinas compostas mais utilizadas na restauração estética de dentes posteriores, são as das marcas Voco<sup>®</sup>, Kerr<sup>®</sup> e Colthéne<sup>®</sup> com os compósitos Grandio<sup>®</sup>, Herculite XRV Ultra<sup>®</sup> e Synergy D6<sup>®</sup> respectivamente (*Tabela 7*). Foram estas as marcas comerciais seleccionadas para a realização deste estudo.

*Tabela 7* – Resultados obtidos dos inquéritos efectuados.

<b>Marca do Compósito</b>	<b>Nº de Utilizadores</b>
Synergy D6 (Colthéne) <sup>®</sup>	20
Herculite (Kerr) <sup>®</sup>	15
Grandio (Voco) <sup>®</sup>	13
Z250 (3M) <sup>®</sup>	6
Spectrum (Dentsply) <sup>®</sup>	5
Ceram X (Dentsply) <sup>®</sup>	4
FGM (Opallis) <sup>®</sup>	4
Outros	21
<b>Total</b>	<b>88</b>

De modo a ser possível analisar convenientemente os resultados obtidos, foi efectuada uma pesquisa bibliográfica, versando a composição das resinas compostas envolvidas no estudo (

*Tabela 6*).

Para conseguir analisar minuciosamente os resultados obtidos, seria importante saber quais os fluoróforos utilizados em cada um dos compósitos avaliados. Por uma

questão de segredo da composição química utilizada, não foi possível determinar quais são, mesmo quando contactámos pessoalmente as casas comerciais.

As cores que utilizámos, apesar de não serem as mesmas segundo a escala Vita (Synergy e Herculite XRV A2, Grandio B2) são muito semelhantes e, após revisão da literatura existente concluímos que os corantes utilizados para conferir cor ao compósito formam uma porção residual do componente orgânico do material, não afectando os espectros de fluorescência determinados (47).

Todos os resultados obtidos neste estudo, não tomaram em consideração a protecção natural conferida pela cavidade oral tanto aos materiais de restauração como às peças dentárias. A posição anatómica das peças dentárias confere-lhes uma protecção adicional, conferida tanto pelos tecidos moles como tecidos duros, que pode corresponder a algumas alterações dos resultados obtidos.

## **4.2 Análise da reflectância difusa**

A análise por espectroscopia de reflectância difusa foi efectuada ao material, sob a forma de pó e medida em percentagem de transmitância e/ou absorvância, à temperatura ambiente, de modo a servir de orientação aos posteriores estudos de espectroscopia de fluorescência.

Segundo a lei de Beer-Lambert, admitindo que a luz incidente é monocromática e colimada, o meio de absorção é homogénio e os centros de absorção são independentes, é possível definir que a absorção (A) da luz por um meio se relaciona com a intensidade da luz incidente ( $I_0$ ), com a intensidade da luz transmitida (I) e com a sua Transmitância (T) (*Figura 37*).

$$\mathbf{A = \log_{10}(I_0/I) = -\log_{10}T}$$

Figura 37 – Lei de Beer-Lambert.

De acordo com a lei de Beer-Lambert, os gráficos originados da análise da reflectância difusa em absorvância e em transmitância, serão o inverso um do outro.

A determinação do espectro de reflectância difusa de um sólido é efectuada com base na teoria de Kubelka-Munk (*Figura 38*). A amostra e a referência são irradiadas por um feixe que penetra até uma determinada profundidade, a partir da qual não existe alteração do sinal gerado. Quando essa espessura é atingida diz-se que a medição foi feita à profundidade infinita. O sinal registado refere-se à razão entre a reflectância difusa da amostra em relação à referência utilizada e é dada por  $R$  ( $J$  corresponde à intensidade de luz reflectida e  $I_0$  corresponde à intensidade da luz incidente).

$$R = J / I_0$$

Figura 38 – Teoria de Kubelka-Munk

A *Figura 39* representa a % de transmitância em função do comprimento de onda e mostra que o espectro obtido é muito semelhante nos três compósitos analisados.

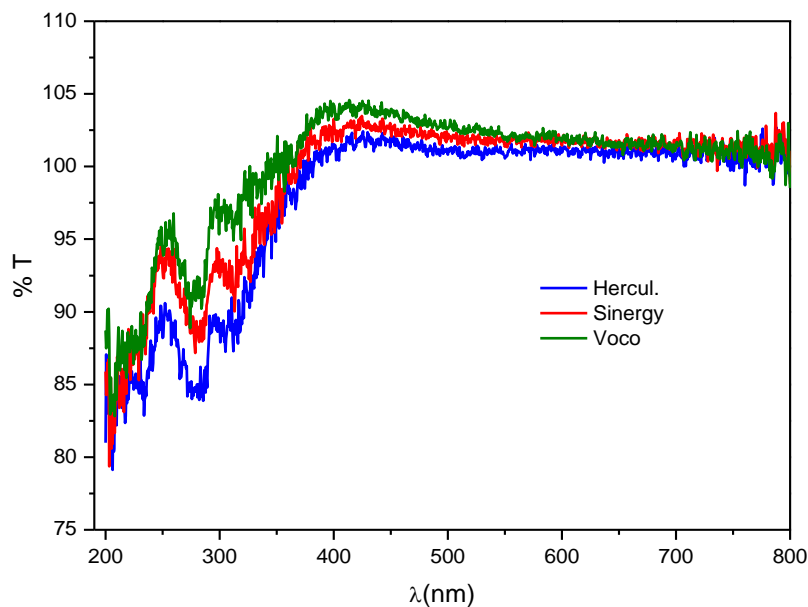
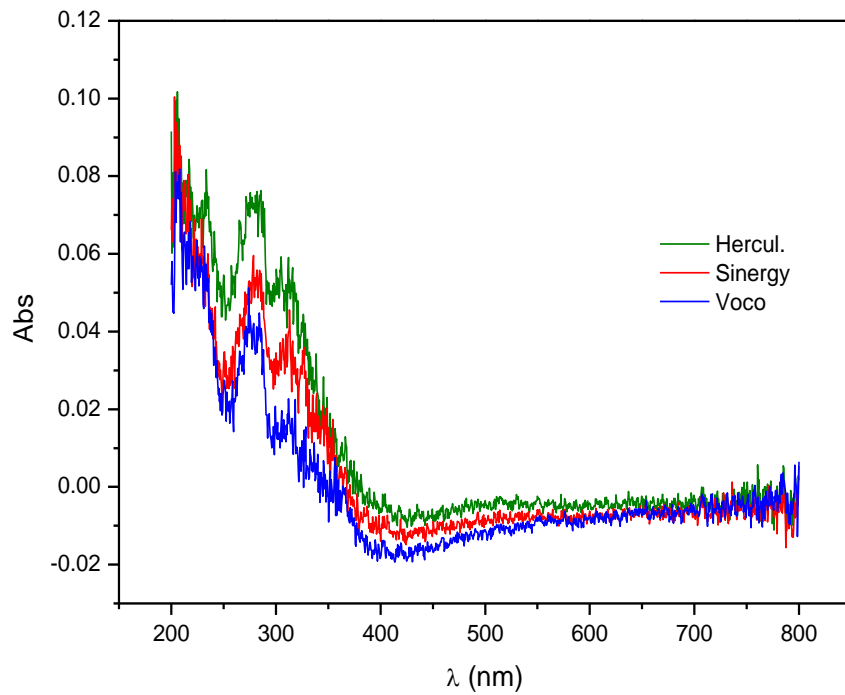


Figura 39 - Transmitância dos compósitos não queimados, obtida por espectroscopia de reflectância difusa.

A *Figura 40* representa a absorvância em função do comprimento de onda e, à semelhança da transmitância, mostra que o espectro obtido é muito semelhante nos três compósitos analisados.



*Figura 40* – Absorvância dos compósitos obtida por espectroscopia de reflectância difusa.

Da análise dos gráficos da % de transmitância e de absorvância podemos concluir que os compósitos em estudo absorvem luz na zona dos comprimentos de onda de aproximadamente 280nm e 300nm, correspondentes aos máximos das duas primeiras bandas apresentadas nos gráficos, e na zona entre os 400 e 550nm, onde é possível observar uma banda menos intensa e mais larga que as anteriores (*Figura 39* e *Figura 40*).

Com base nestes resultados, as resinas compostas foram excitadas a 280nm e 320nm, tendo sido obtidos os respectivos espectros de emissão. Foram adicionalmente excitadas a 400nm, com base na bibliografia existente (6, 47, 59). Com o decorrer da experiência efectuada, seleccionámos unicamente as excitações a 320nm e 400nm, uma vez que foram a estes comprimentos de onda que se obteve maior intensidade de fluorescência.

### **4.3 Análise da fluorescência**

Relativamente aos resultados obtidos no estudo de fluorescência é necessário referir que a intensidade de fluorescência apresentada por qualquer substância analisada num fluorímetro depende da intensidade da lâmpada utilizada, ou seja, do número de fótons emitidos pela lâmpada, do rendimento quântico de fluorescência do material e da quantidade de material presente no passo óptico.

Garantimos, ao longo deste estudo de fluorescência, condições experimentais idênticas nomeadamente na compactação conferida ao material quando colocado no tubo de quartzo, na temperatura de carbonização e na análise da fluorescência (as amostras sujeitas à mesma temperatura foram analisadas no mesmo dia).

Sabendo que a intensidade da lâmpada possui uma variação ao longo da sua utilização, apenas poderemos comparar a intensidade de fluorescência no conjunto de espectros que foram excitados nos mesmos comprimentos de onda, carbonizados à mesma temperatura e realizados no mesmo dia. Para comparar a intensidade de fluorescência a diferentes temperaturas não tomaremos em consideração a sua intensidade específica mas apenas as suas intensidades relativas.

A fluorescência do tecido dentário foi analisada numa fase avançada do estudo de fluorescência, não tendo sido efectuada no mesmo dia que as restantes avaliações para a mesma temperatura de carbonização, pelo que não será possível comparar a sua intensidade com a dos materiais de restauração avaliados, razão pela qual os resultados se encontram em separado dos restantes resultados obtidos.

### 4.3.1 Fluorescência dos compósitos

#### 4.3.1.1 Fluorescência quando não calcinados

Quando analisamos a fluorescência à temperatura ambiente, observamos que os materiais de restauração apresentam comportamentos espectroscópicos e intensidades de fluorescência relativamente diferentes a qualquer dos comprimentos de onda de excitação (280nm, 320nm e 400nm) (Figura 41, Figura 42, Figura 43 ).

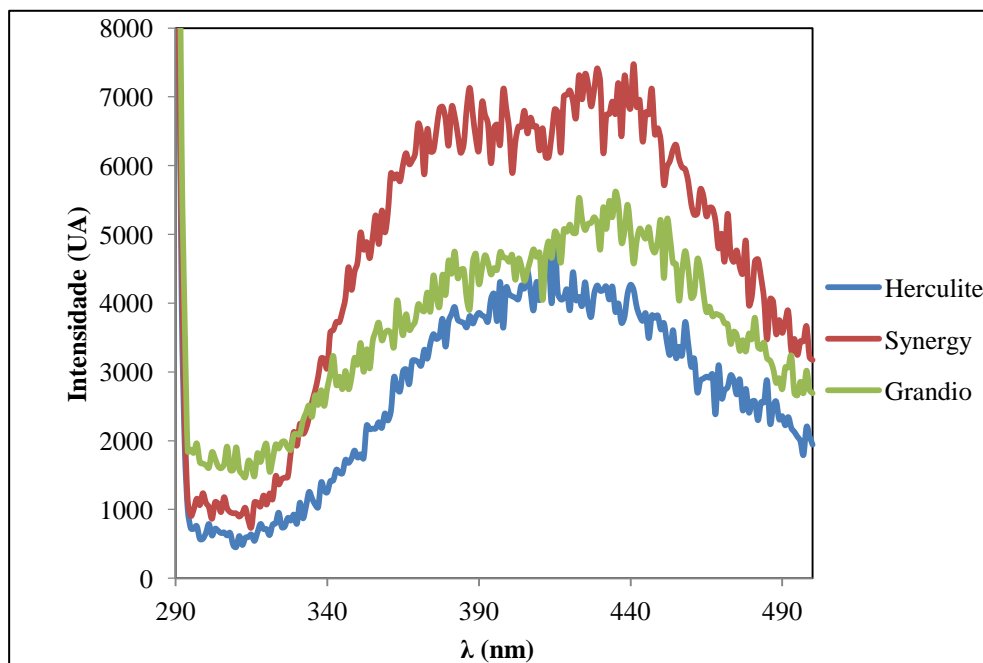


Figura 41 - Espectro de emissão dos compósitos não calcinados, com  $\lambda_{exc.}$  de 280nm



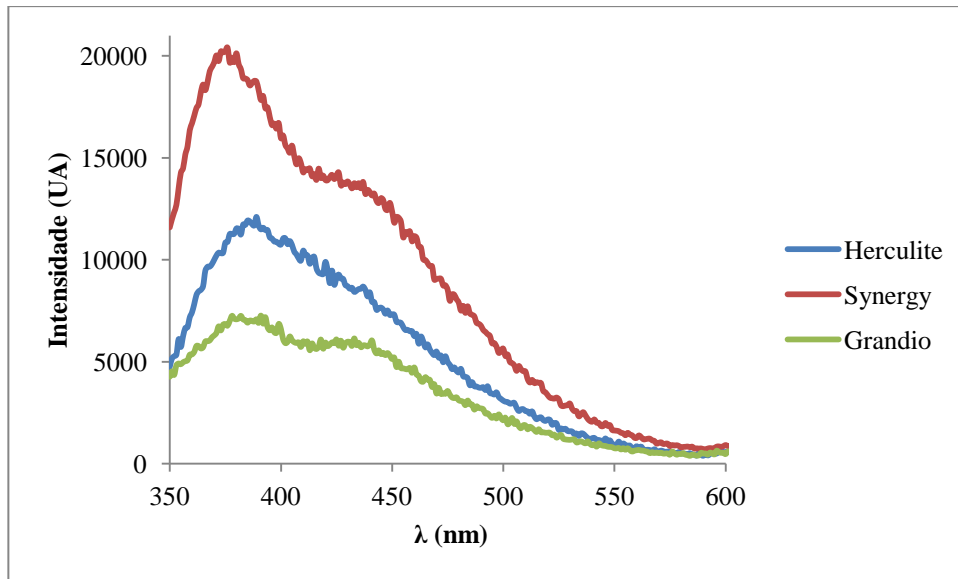


Figura 42 - Espectro de emissão dos compósitos não calcinados, com  $\lambda_{exc.}$  de 320nm

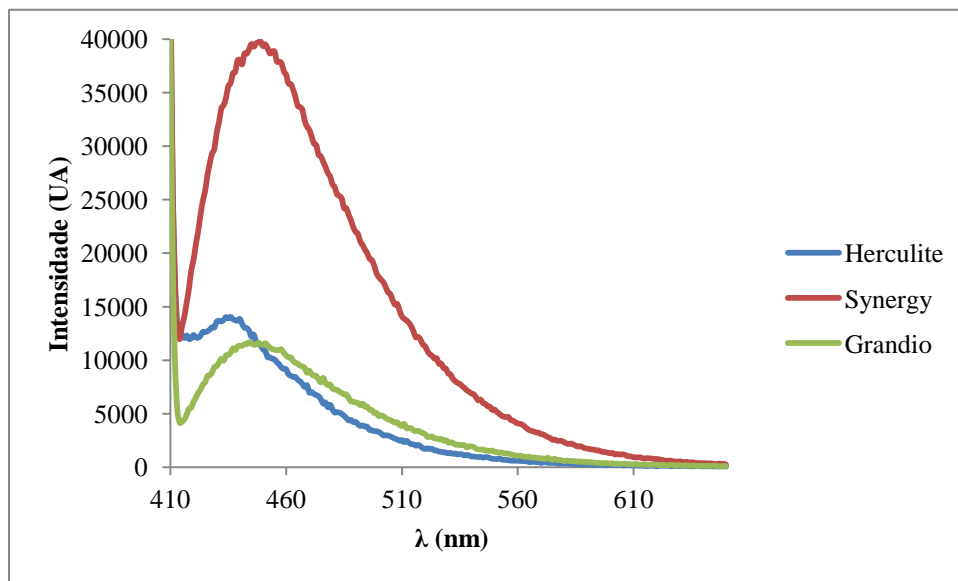


Figura 43 - Espectro de emissão dos compósitos não calcinados, com  $\lambda_{exc.}$  de 400nm

À temperatura ambiente, foi possível verificar que as diferentes resinas compostas têm comportamentos ligeiramente diferentes, sendo que aquela que apresenta uma fluorescência mais intensa foi a da marca comercial Synergy seguida pela marca Herculite e por último a marca Grandio.

É também possível verificar que os perfis dos espectros de emissão dos compósitos das marcas Synergy e Grandio são muito semelhantes em todas as excitações efectuadas.

A *Tabela 8* apresenta os comprimentos de onda em que a intensidade de fluorescência foi máxima para todas as excitações efectuadas.

Os espectros de emissão com excitação a 280nm (*Figura 41*) e a 320nm (*Figura 42*) dos compósitos Synergy e Grandio apresentam, à temperatura ambiente, um perfil característico com duas bandas, posicionadas sensivelmente na mesma posição (380nm e 430nm) ao contrário da resina composta da marca Herculite que apresenta uma única banda, com um máximo de 412nm quando excitado a 280nm e de 380nm quando excitado a 320nm. Esta característica torna o compósito Herculite facilmente identificável, uma vez que apresenta um comportamento espectroscópico diferente dos compósitos Synergy e Grandio (*Tabela 8*).

Tabela 8 – Resumo dos máximos de emissão para as resinas analisadas à temperatura ambiente.

Temperatura Ambiente	Synergy	Herculite	Grandio
$\lambda_{exc.}$ <b>280 nm</b>	387nm; 429nm	412nm	382nm, 435nm
$\lambda_{exc.}$ <b>320nm</b>	376nm; 426nm	380nm	384nm; 433nm
$\lambda_{exc.}$ <b>400nm</b>	448nm	437nm	444nm

De modo a ser possível identificar se existem duas substâncias que fluorescem em comprimentos de onda diferentes, ou apenas uma única substância, foram realizados os

espectros de excitação aos comprimentos de onda onde a intensidade de fluorescência obtida foi máxima (380nm e 430nm).

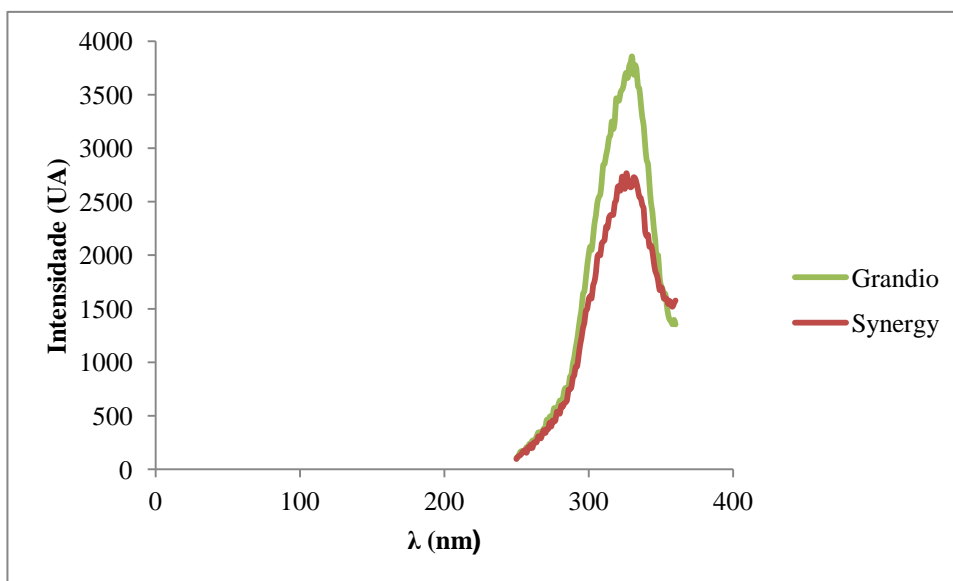


Figura 44 – Espectro de excitação dos compósitos Grandio e Synergy, com  $\lambda_{em.}$  de 380nm.

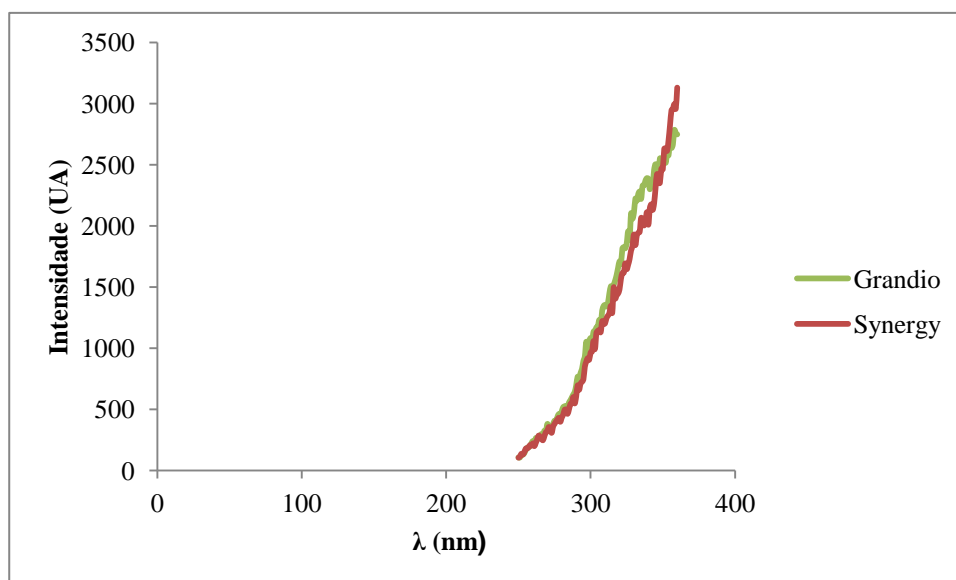


Figura 45 - Espectro de excitação dos compósitos Grandio e Synergy, com  $\lambda_{em.}$  de 430nm.

Tabela 9 – Resumo dos máximos de excitação para as resinas Synergy e Grandio analisadas à temperatura ambiente.

Temperatura ambiente	Synergy	Grandio
$\lambda_{em.}$ <b>380nm</b>	326nm	330nm
$\lambda_{em.}$ <b>430nm</b>	342nm	339nm

Quando analisamos os espectros de excitação obtidos a 380nm e 430nm, verificamos que ambos os materiais de restauração analisados, das marcas Grandio e Synergy, apresentam espectros de excitação idênticos (*Figura 44* e *Figura 45*).

No entanto, os espectros de excitação apresentam diferentes formatos consoante se trate do espectro com  $\lambda$  emissão de 380nm ou 430nm. Os espectros de excitação com  $\lambda$  de emissão de 380nm (*Figura 44*) têm um formato Gaussiano perfeito enquanto que os espectros de excitação com  $\lambda$  de emissão de 430nm (*Figura 45*) apresentam um formato em ombro.

O facto das bandas analisadas em ambos os espectros de excitação serem de formatos diferentes e apresentarem características diferentes leva-nos a concluir que estamos perante duas substâncias distintas, que conferem fluorescência ao material de restauração (*Tabela 9*).

Com o objectivo de verificar as alterações de emissão consoante a temperatura de carbonização, foi efectuada a calcinação dos materiais em estudo a diferentes temperaturas (200°C, 250°C, 300°C, 500°C e 1000°C) durante 1 hora e obtidos os respectivos espectros de emissão.

### 4.3.1.2 Fluorescência após calcinação à $T= 200^{\circ}\text{C}$

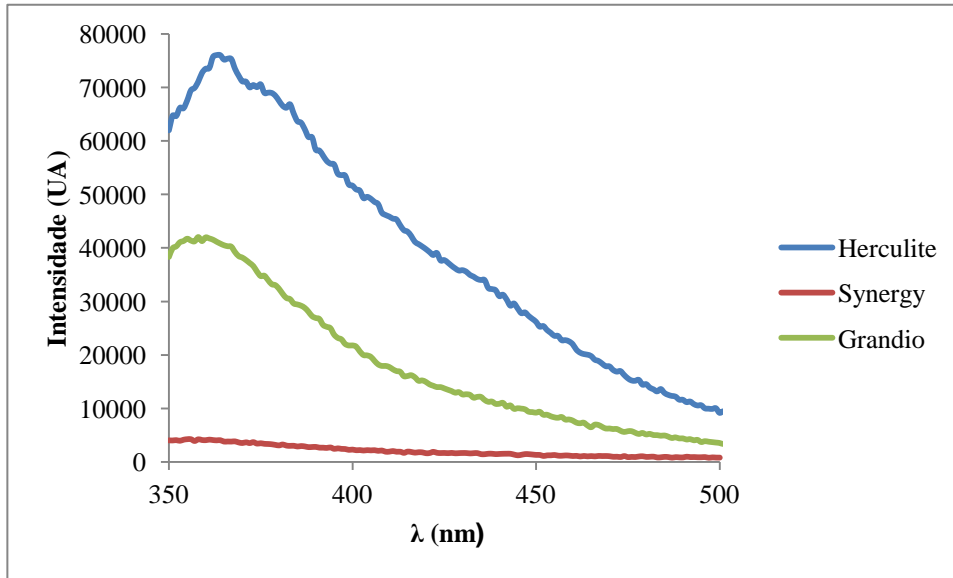


Figura 46 - Espectro de emissão dos compósitos, com  $\lambda_{\text{exc.}}$  de 320nm , após calcinação à temperatura de 200°C.

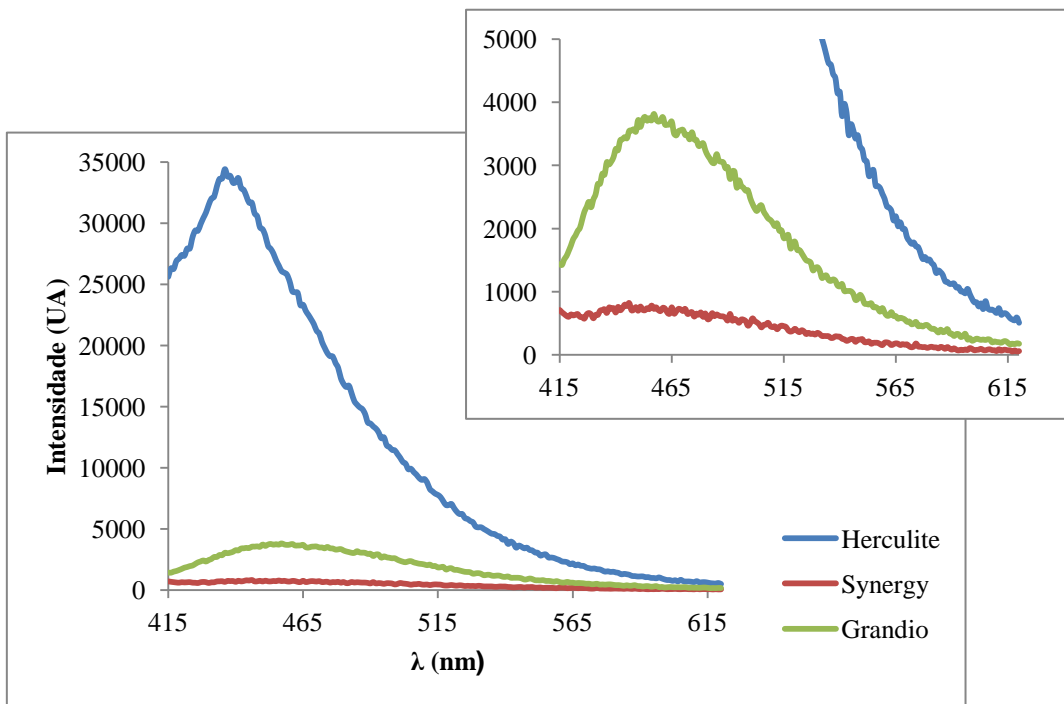


Figura 47 - Espectro de emissão dos compósitos, com  $\lambda_{\text{exc.}}$  de 400nm, após calcinação à temperatura de 200°C.

À temperatura de calcinação de 200°C, a resina composta mais estável é a da marca Herculite mostra-se mais estável, apresentando maior intensidade de fluorescência que as resinas compostas Synergy e Grandio (*Figura 46 e Figura 47*), em oposto ao que foi verificado à temperatura ambiente. Verifica-se também uma alteração dos perfis dos espectros efectuados, observando-se apenas um máximo nítido (*Tabela 10*), podendo concluir-se assim que houve uma alteração do seu comportamento a nível óptico e que provavelmente o fluoróforo responsável pela segunda banda foi decomposto.

Primeiramente, é necessário salientar a diferença de intensidade de fluorescência existente entre o compósito Herculite e os outros dois materiais em estudo, o que é verificado tanto no espectro de emissão a 320nm como a 400nm. Em ambos os espectros é também verificado que o material com intensidade de fluorescência intermédia é o compósito Grandio, seguido pelo compósito Synergy com a menor intensidade de fluorescência verificada.

O comprimento de onda em que a emissão de fluorescência é máxima é também um parâmetro de distinção entre os materiais em estudo. Quando a calcinação é feita a 200°C o espectro de emissão que se torna mais discriminativo é o efectuado com excitação a 400nm pois os compósitos têm máximos de emissão a comprimentos de onda diferentes.

Quando a excitação é feita a 320nm, os comprimentos de onda correspondentes ao máximo de emissão são muito semelhantes entre si (359nm no compósito Synergy, 364nm no compósito Herculite e 360nm no compósito Grandio) não existindo assim poder discriminativo nesta observação (*Tabela 10*).

Quando a excitação é efectuada a 400nm, os comprimentos de onda em que a emissão é máxima são muito próximos nos compósitos Synergy e Grandio (456nm e 453nm respectivamente), pelo que a sua distinção através deste parâmetro será difícil, o que não se verifica no que concerne à distinção do compósito Herculite. Este apresenta um comportamento diferente dos outros materiais e apresenta o seu máximo de emissão ao comprimento de onda de 435nm.

Tabela 10 – Resumo dos máximos de emissão para os compósitos à temperatura de 200°C.

Temperatura = 200°C	Synergy	Herculite	Grandio
$\lambda_{exc.}$ <b>320nm</b>	359nm	364nm	360nm
$\lambda_{exc.}$ <b>400nm</b>	456nm	435nm	453nm

A esta temperatura é possível também verificar que, ao contrário do que foi verificado no material não sujeito à acção da temperatura, já não são verificadas duas substâncias fluorescentes distintas nos compósitos Synergy e Grandio. Tal conclusão é confirmada não só pelo formato gráfico (*Figura 46 e Figura 47*), mas também pela presença de um único máximo de emissão para cada uma das marcas comerciais (*Tabela 10*). É possível concluir que atingida a temperatura de 200°C, se verifica a decomposição de uma das substâncias responsável pela fluorescência nestes materiais, devido ao efeito da temperatura.

Este efeito provocado pela temperatura num dos fluoróforos (apesar da temperatura atingida, nesta fase ser ainda baixa), é sugestivo da sua origem como material orgânico. Material esse que, quando sob o efeito da temperatura, é degradado pelo calor originando como produtos dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e água (H<sub>2</sub>O).

### 4.3.1.3 Fluorescência após calcinação à $T=250^{\circ}\text{C}$

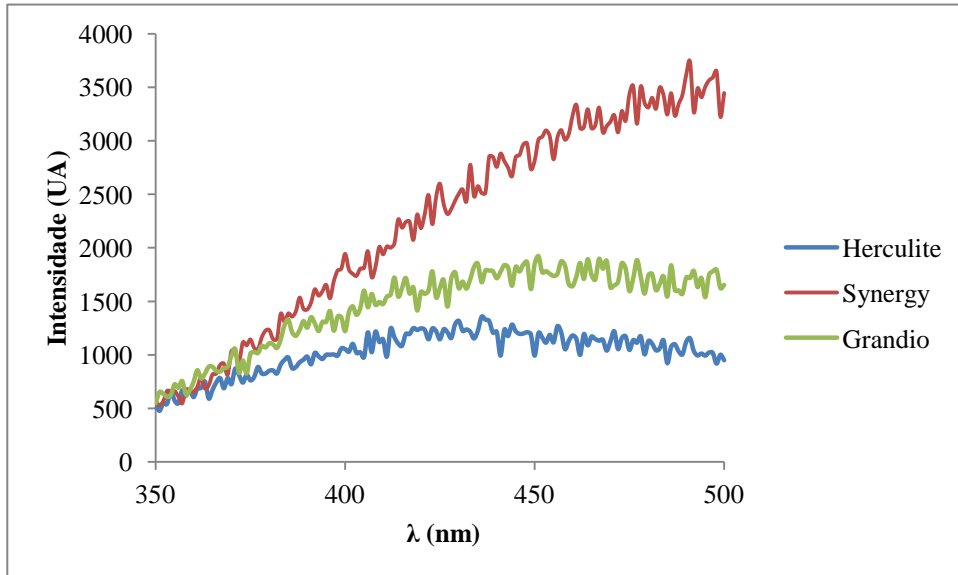


Figura 48 - Espectro de emissão dos compósitos, com  $\lambda_{\text{exc.}}$  de 320nm, após calcinação à temperatura de  $250^{\circ}\text{C}$ .

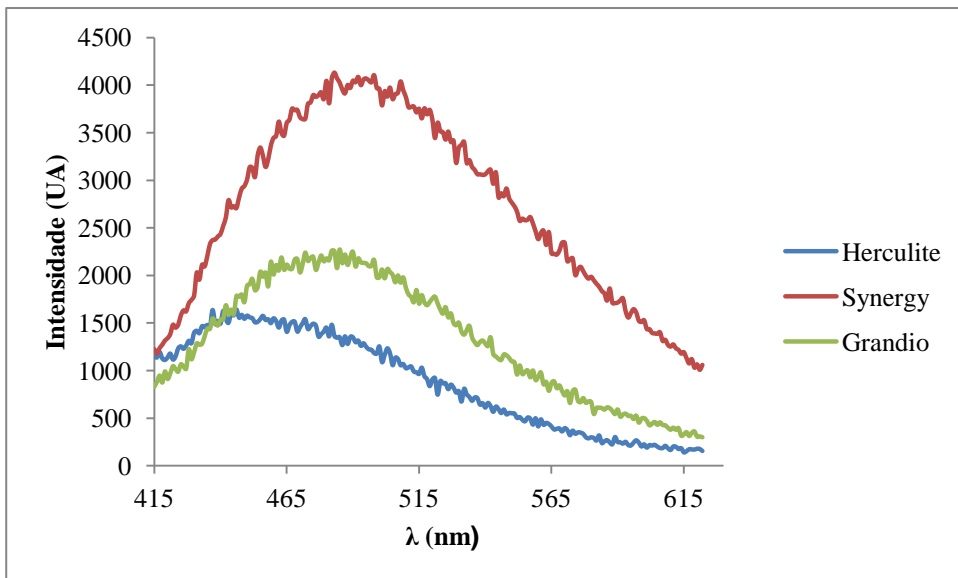


Figura 49 - Espectro de emissão dos compósitos, com  $\lambda_{\text{exc.}}$  de 400nm, após calcinação à temperatura de  $250^{\circ}\text{C}$ .



Aos 250°C é novamente verificada uma alteração do comportamento das resinas compostas (*Figura 48 e Figura 49*). À semelhança do que acontece no material não sujeito à acção da temperatura, a resina composta da marca Synergy apresenta uma intensidade de fluorescência mais elevada, seguida da resina composta da marca Grandio e por última a da marca Herculite.

Comparando os espectros dos materiais queimados a 200°C e 250°C, verifica-se que existe uma alteração na intensidade de fluorescência relativa entre os materiais em estudo assim como no formato dos espectros. O compósito Grandio mantém-se na posição intermédia enquanto se verifica uma inversão entre o compósito Herculite, que a 200°C se apresenta como o compósito com maior fluorescência e o compósito Synergy que ocupa essa posição a 250°C.

Tal como se verifica quando a calcinação é efectuada a 200°C, a 250°C o espectro de emissão resultante da excitação a 400nm fornece maior detalhe e tem maior poder discriminativo que o efectuado com a excitação a 320nm.

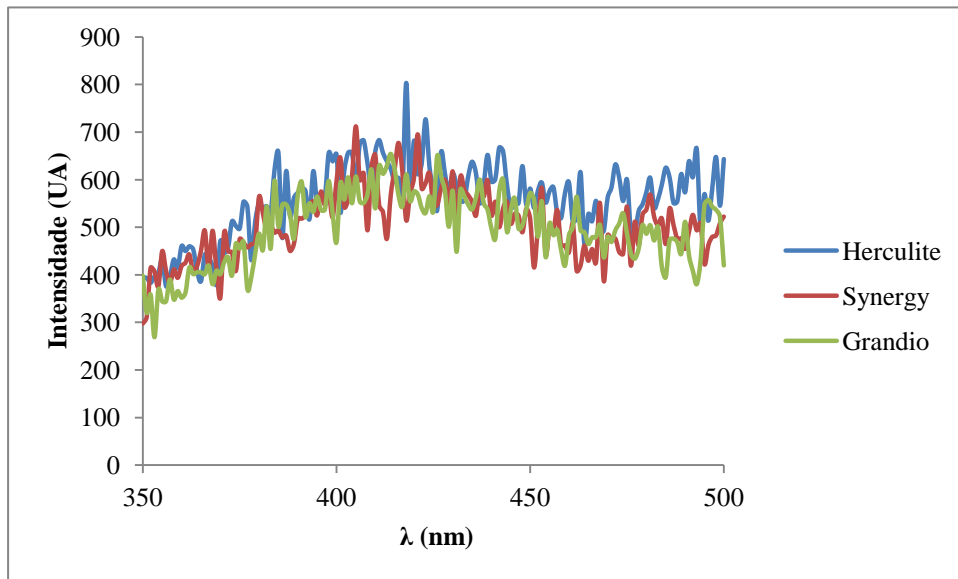
Com calcinação a 250°C, quando os materiais são excitados a 320nm, os máximos de emissão são de 491nm para o compósito Synergy, 436 para o compósito Herculite e 451nm para o Grandio. São valores distintos e diferenciáveis entre si, pelo que traduzem uma possível ferramenta para a diferenciação entre os materiais. O mesmo se verifica quando a excitação é feita a 400nm, em que os materiais são também diferenciáveis pelo seu comprimento de onda máximo de emissão, uma vez que este corresponde a 490nm no compósito Synergy, 456nm no compósito Herculite e 478nm no compósito Grandio (*Tabela 11*).

*Tabela 11* – Resumo dos máximos de emissão para os compósitos analisados, à temperatura de 250°C.

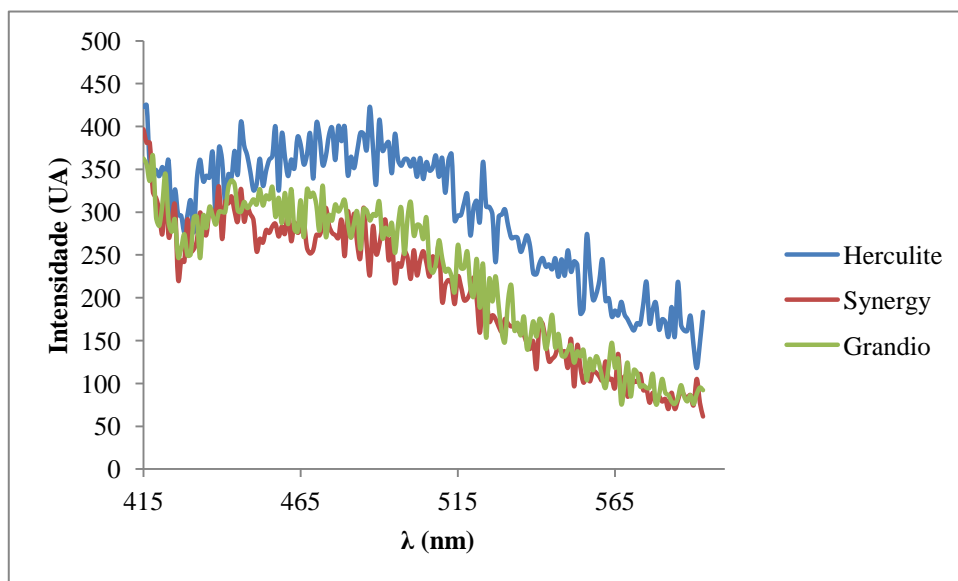
Temperatura = 250°C	Synergy	Herculite	Grandio
$\lambda_{exc.}$ <b>320nm</b>	491nm	436nm	451nm
$\lambda_{exc.}$ <b>400nm</b>	490nm	456nm	478nm

#### 4.3.1.4 Fluorescência após calcinação à $T=300^{\circ}\text{C}$

Os resultados de emissão obtidos para os materiais calcinados a  $300^{\circ}\text{C}$  (*Figura 50* e *Figura 51*) mostram que a fluorescência praticamente desaparece nos três compósitos estudados.



*Figura 50* - Espectro de emissão dos compósitos, com  $\lambda_{exc.}$  de 320nm, após calcinação à temperatura de  $300^{\circ}\text{C}$ .



*Figura 51* - Espectro de emissão dos compósitos, com  $\lambda_{exc.}$  de 400nm, após calcinação à temperatura de  $300^{\circ}\text{C}$ .

A análise de fluorescência após atingidos os 300°C mostra que a intensidade de fluorescência não pode ser avaliada nem apresenta poder discriminativo entre os materiais de restauração em análise quando avaliada no espectro de emissão com excitação a 320nm (*Figura 50*). Quando analisamos o espectro de emissão com excitação a 400nm, o compósito Herculite apresenta uma intensidade de fluorescência superior aos restantes compósitos em estudo. Os compósitos Grandio e Synergy não são diferenciáveis entre si devido à sobreposição, praticamente total, dos respectivos espectros de emissão (*Figura 51*).

*Tabela 12* – Resumo dos máximos de emissão para os compósitos calcinados à temperatura de 300°C.

Temperatura = 300°C	Synergy	Herculite	Grandio
$\lambda_{exc.}$ <b>320nm</b>	416nm	418nm	418nm
$\lambda_{exc.}$ <b>400nm</b>	443nm	487nm	462nm

Os comprimentos de onda correspondentes aos máximos de emissão permitem a diferenciação dos materiais de restauração apenas de um modo limitado, mesmo quando a excitação é feita a 400nm, pois os comprimentos de onda ao máximo de absorção são próximos (487nm para o compósito Herculite, 462nm para o Grandio e 443nm para o Synergy) (*Tabela 12*).

À semelhança dos resultados apresentados por Rattle et al, com os compósitos Filtek Supreme, Quixx e Tetric Ceram (47) podemos afirmar que a partir da temperatura de 300°C se verifica a perda de fluorescência nos materiais de restauração estudados. Sendo assim, a determinação da fluorescência apresentada por um material de restauração que tenha sido sujeito a diferentes temperaturas pode ajudar a indicar a temperatura à qual o indivíduo foi exposto. A mera inspeção da cavidade oral, com

uma lâmpada ultravioleta pode revelar ao observador se a temperatura de 300°C foi ou não atingida (47).

#### 4.3.1.5 Fluorescência após calcinação à $T=500^{\circ}\text{C}$

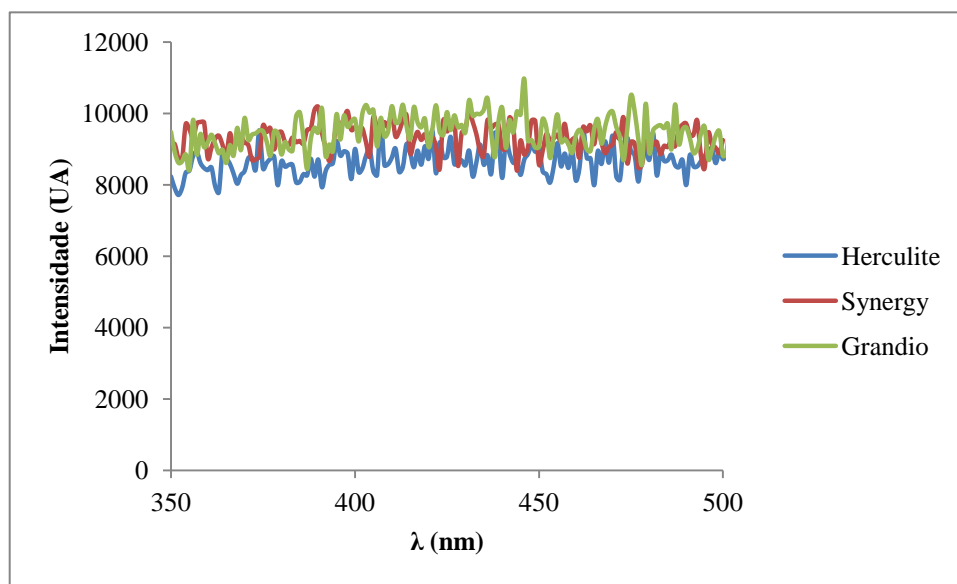


Figura 52 - Espectro de emissão dos compósitos, com  $\lambda_{\text{exc.}}$  de 320nm após calcinação à temperatura de 500°C.

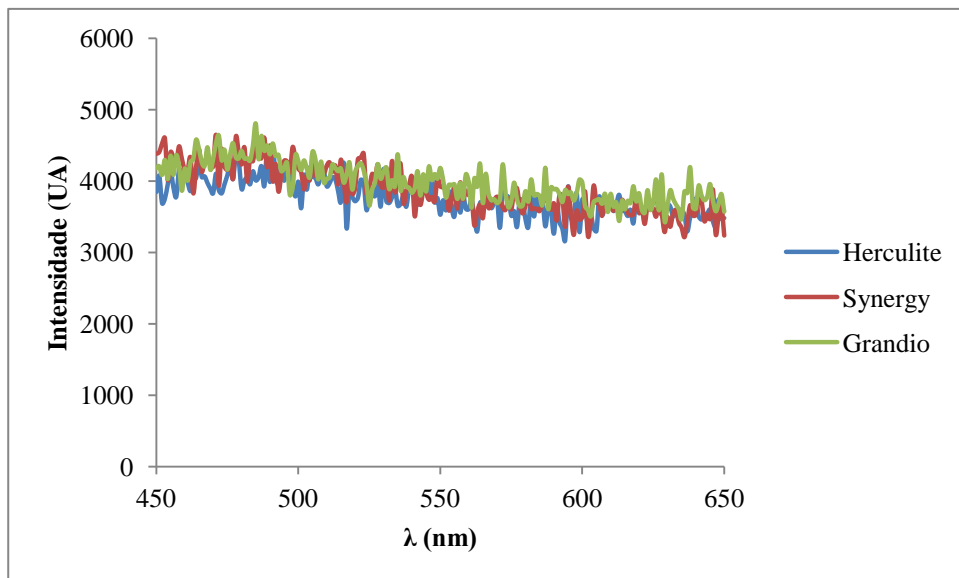


Figura 53 - Espectro de emissão dos compósitos em, com  $\lambda_{exc.}$  de 400nm após calcinação à temperatura de 500°C.

Após calcinação a 500°C não é possível inferir qualquer conclusão relativamente à fluorescência dos materiais de restauração em estudo. Os espectros de emissão efectuados, demonstram um formato semelhante e as intensidades de fluorescência demonstradas pelos compósitos são também semelhantes, o que nos leva a afirmar que a fluorescência já foi perdida quando o patamar dos 500°C é atingido (Figura 52 e Figura 53). A esta temperatura já todo o material orgânico responsável pela fluorescência foi decomposto.

Na pesquisa bibliográfica efectuada, não existe consenso relativamente ao tipo de composto que confere fluorescência aos compósitos dentários (7, 45, 47). Neste sentido, e após a avaliação da fluorescência que foi efectuada, defendemos a natureza orgânica destes compostos. A acção da temperatura sobre os materiais de restauração dentária, produz alterações na sua componente orgânica (na matriz resinosa porque são constituídos), transformando-a nos produtos de combustão dióxido de carbono e água. Sendo assim, a fluorescência é perdida quando é ultrapassada a temperatura de 300°C.

Da análise efectuada aos compósitos estudados, é possível distinguir os três compósitos analisados, no entanto, o compósito Herculite demonstra, ao longo deste

estudo de fluorescência, uma inequívoca diferença dos restantes. Esta diferença, torna-o passível de ser identificado por este método de análise.

Os compósitos Grandio e Synergy, apesar de serem diferenciáveis entre si, apresentam inúmeras semelhanças, que tornarão a pesquisa mais minuciosa para poderem ser diferenciados. Das semelhanças verificadas é necessário salientar a existência de duas substâncias responsáveis pela fluorescência no material não calcinado, uma das quais desaparece quando atingida a temperatura de 200°C. Os máximos de emissão observados, às diferentes temperaturas analisadas, encontram-se, numa maioria das vezes próximos e os formatos gráficos apresentam também algumas semelhanças.

### 4.3.2 Fluorescência da peça dentária

A análise da fluorescência da peça dentária foi efectuada posteriormente à análise dos materiais de restauração. A peça dentária avaliada foi triturada sem ser feita a separação entre esmalte, dentina e cimento, pelo que a análise da fluorescência é do conjunto dos constituintes dentários.

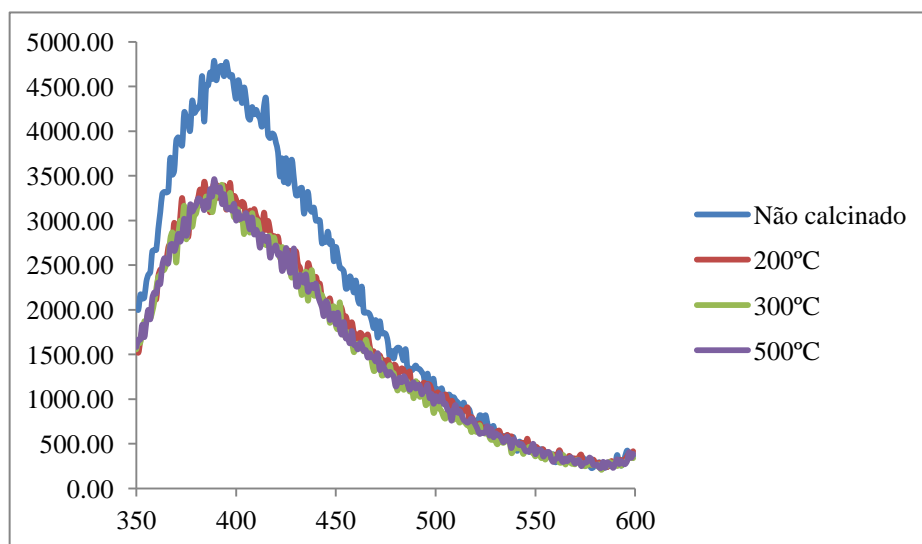


Figura 54 – Espectros de emissão da peça dentária com  $\lambda_{exc.}$  de 320nm.

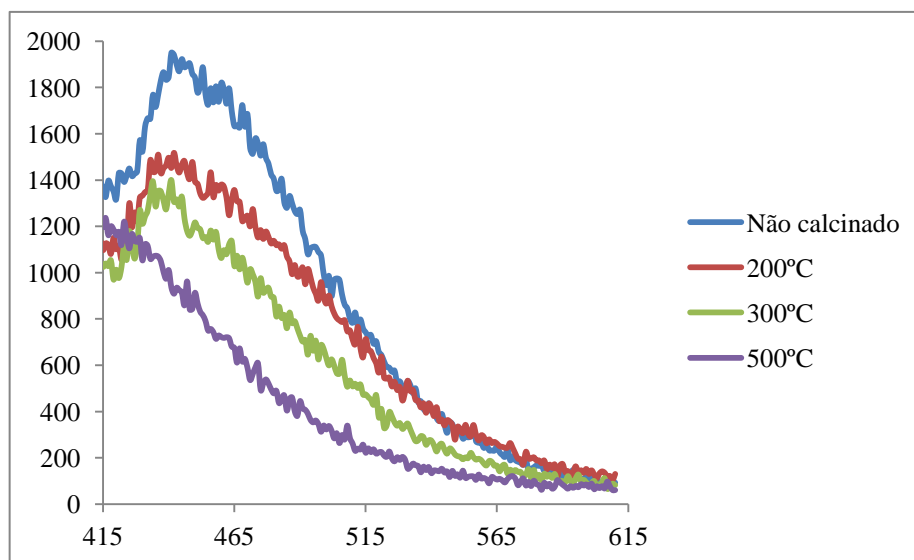


Figura 55 – Espectros de emissão da peça dentária com  $\lambda_{exc.}$  de 400nm.

Da análise dos espectros obtidos (*Figura 54* e *Figura 55*), é possível concluir que a peça dentária apresenta fluorescência pelos menos até aos 500°C.

Quando é excitada a 320nm, o perfil espectral não varia com a temperatura apresentando uma forma Gaussiana, no entanto com excitação a 400nm há alteração do espectro quando são atingidos os 500°C, o que permite indicar se a peça dentária atingiu ou não esta temperatura.

Relativamente à intensidade de fluorescência apresentada, e analisando o espectro de emissão quando a peça dentária é excitada a 400nm (*Figura 55*), podemos concluir que a intensidade de fluorescência variou de modo inversamente proporcional à temperatura atingida, ou seja, quanto maior a temperatura a que foi sujeita, menor a intensidade de fluorescência apresentada pelo dente.

De acordo com a posição dos seus máximos de emissão, a peça dentária mantém-se constante às diferentes temperaturas e é, de uma maneira geral diferenciável dos materiais de restauração estudados, não só pela posição dos máximos de emissão (*Tabela 13*) mas também pela sua intensidade de fluorescência que, de um modo geral, é menor que a dos materiais de restauração.

Tabela 13 – Resumo dos máximos de emissão para a peça dentária às diferentes temperaturas.

	TA	200°C	300°C	500°C
$\lambda_{exc.}$ <b>320nm</b>	392nm	386nm	386nm	386nm
$\lambda_{exc.}$ <b>400nm</b>	441nm	436nm	433nm	-

À semelhança do que é verificado nos materiais de restauração analisados, a excitação a 400nm apresenta um maior poder discriminativo em relação à excitação a 320nm, o que é verificado pela análise da tabela dos máximos de emissão (Tabela 13). Quando é excitado a 320nm os máximos de emissão são muito semelhantes, enquanto que quando excitado a 400nm verifica-se o poder discriminativo da análise em função da temperatura atingida.

Os componentes dentários responsáveis pela fluorescência estão devidamente identificados e apresentam natureza orgânica, salientando-se o papel do aminoácido triptofano e do colagénio, presentes em maior quantidade na dentina (Tabela 14).

Por semelhança dos espectros de emissão quando a excitação é a 320nm, podemos identificar a emissão como sendo resultante do aminoácido triptofano, no entanto quando a excitação é feita a 400nm, não podemos atribuir a fluorescência obtida com o triptofano.

Tabela 14 – Propiedades de fluorescência das moléculas orgânicas (adaptado de Sinyaeva ML, 2004)(60).

Fluoróforo	Excitação (nm)	Posição aproximada do máximo de fluorescência	Natureza
Triptofano	275	350	Proteína
Colagénio	335	390	Tecido Conjuntivo



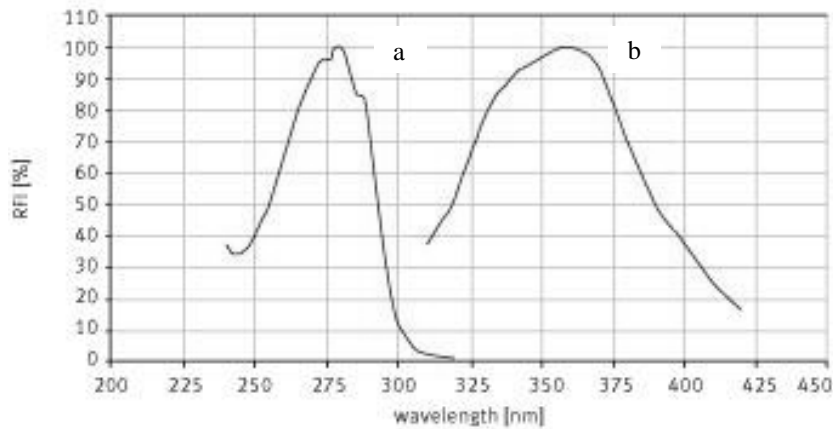


Figura 56 – Espectro de excitação (a) e emissão (b) do triptofano, em meio tampão (pH = 7,4)

## **4.4 Análise da Difração de Raios-X**

### **4.4.1 Peça dentária**

A análise de difração de raios-X foi efectuada à peça dentária a diferentes temperaturas (200°C, 300°C, 500°C e 1000°C) mas também à temperatura ambiente (*Figura 57*).

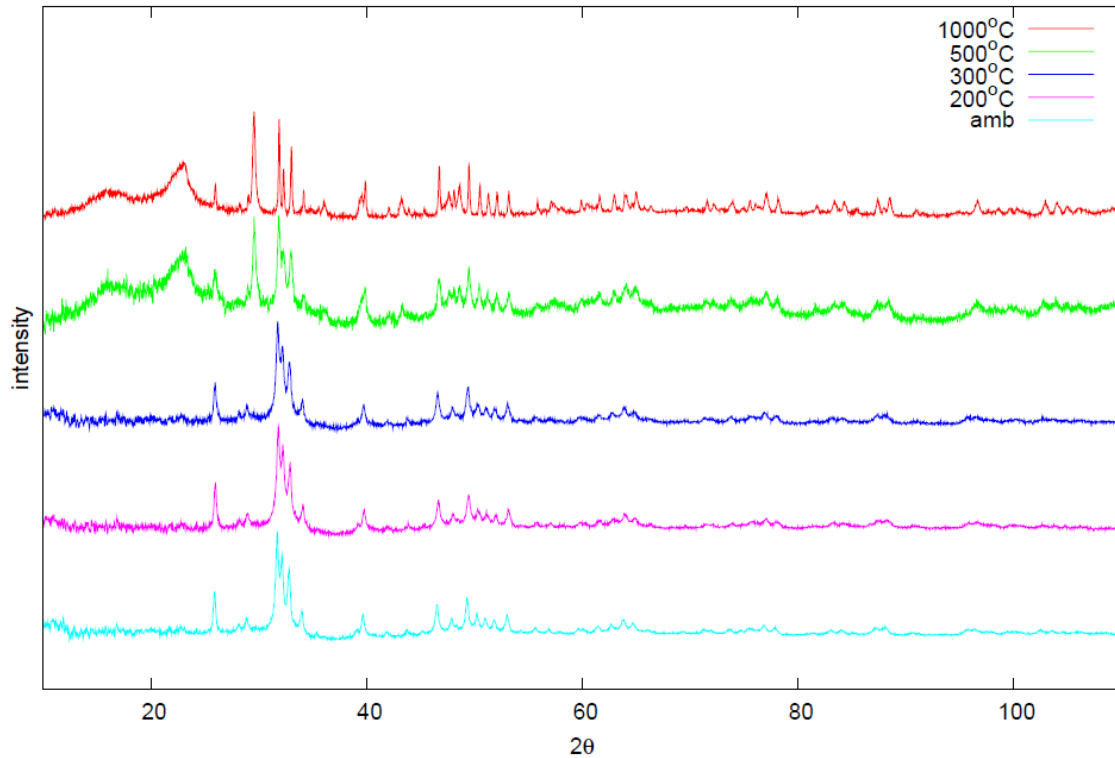


Figura 57 – Difractogramas da peça dentária não calcinada e calcinada às diferentes temperaturas.

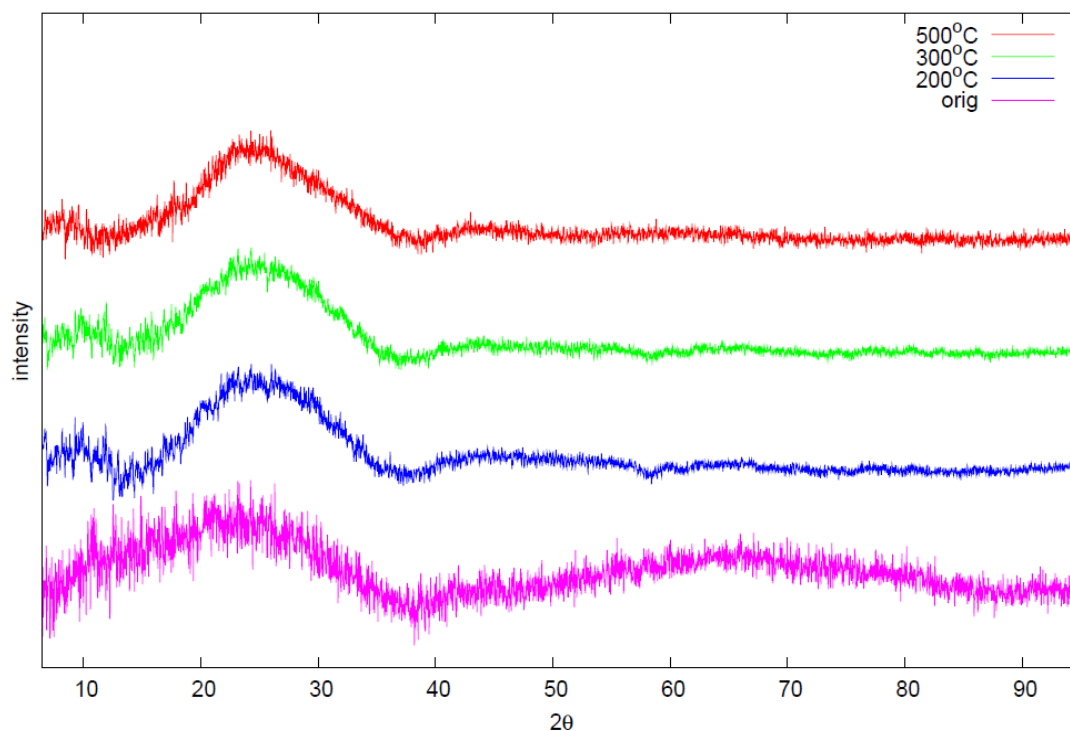
Analisando o difractograma da peça dentária é possível verificar que a sua estrutura é cristalina e que mantém a cristalinidade às diferentes temperaturas. A cristalinidade apresentada mantém-se inalterada até serem atingidos os 300°C, o que é verificado através da semelhança entre os difractogramas às temperaturas de 300°C, 200°C e à do material não calcinado. Aos 500°C e 1000°C observam-se novos sinais, sendo por isso possível concluir que houve transformação de fase quando atingidas as temperaturas mais elevadas.

A bibliografia existente define o esmalte e a dentina como estruturas cristalinas, constituídas por cristais de hidroxiapatite, cuja fórmula química é  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$  e cuja estrutura cristalina tridimensional é hexagonal.

#### 4.4.2 Compósitos

Os difractogramas dos compósitos Synergy e Grandio revelaram-se idênticos, independentemente da temperatura à qual foram sujeitos. Verifica-se que são materiais amorfos, e que não sofrem qualquer alteração com a temperatura, mantendo-se amorfa ( *Figura 58 e Figura 59*).

Consequentemente não é possível diferenciar os dois materiais estudados, não tendo assim interesse a nível forense, apesar destes serem facilmente distinguíveis do tecido dentário.



*Figura 58* – Diffractograma do compósito Synergy.

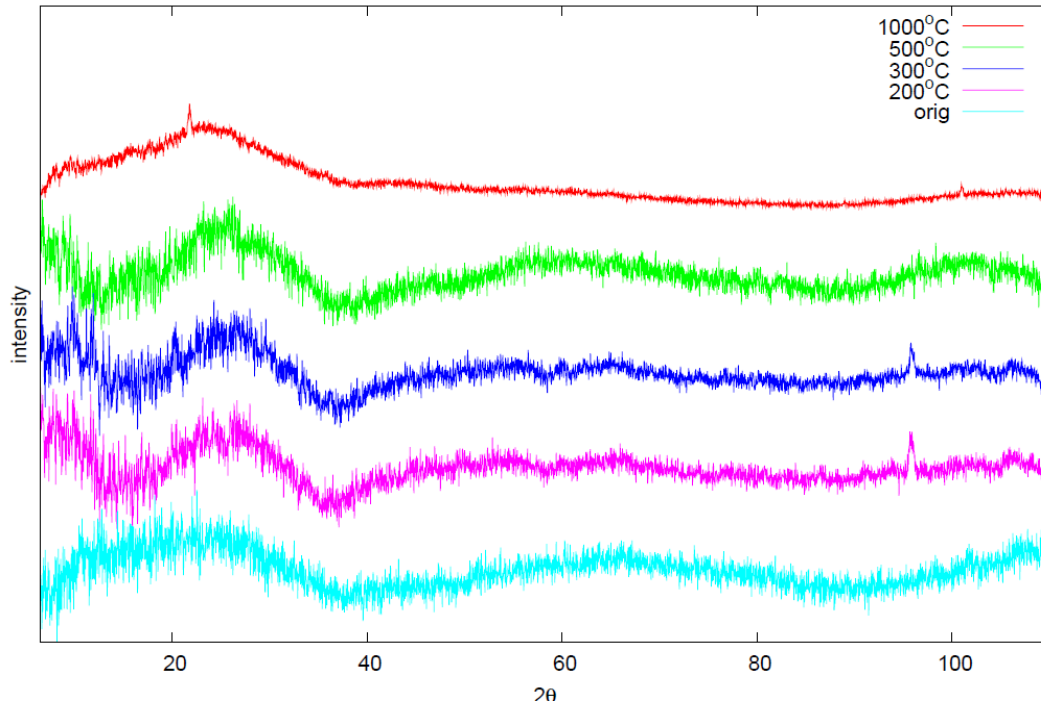


Figura 59 – Diffractograma do compósito Grandio.

Os difractogramas dos compósitos Synergy e Grandio revelaram-se idênticos, independentemente da temperatura à qual foram sujeitos. Verifica-se que são materiais em fase amorfa, e que a sua estrutura não sofre qualquer alteração com a temperatura, mantendo-se amorfa.

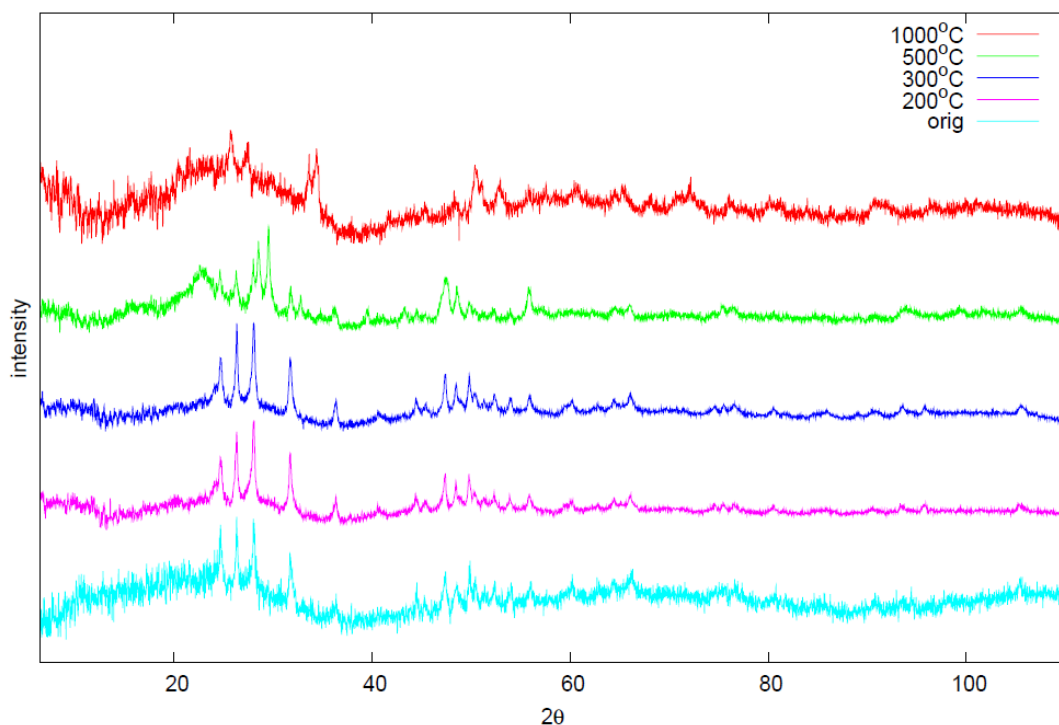


Figura 60 – Difractograma do compósito Herculite

O compósito Herculite apresenta um difractograma diferente dos compósitos Synergy e Grandio. Este compósito apresenta uma estrutura cristalina, que permanece inalterável até aos 300°C, o que se verifica na análise do seu difractograma. Aos 500°C, os sinais de difracção apresentam-se para ângulos diferentes, e aos 1000°C tornam-se pouco definidos, o que leva a concluir perda de cristalinidade.

Sendo assim, e pela análise dos resultados obtidos, é possível concluir que no compósito Herculite existe uma transformação de fase, decorrente do aumento de temperatura, a partir dos 500°C tornando-se amorfo quando atingidos os 1000°C (Figura 60).

Este material de restauração é facilmente diferenciável, analisando o seu difractograma, dos restantes materiais estudados, apresentando um traçado igualmente distinto do apresentado pela peça dentária, sendo possível a sua caracterização através da técnica de difracção de raios-X e utilização no âmbito da identificação de cadáveres carbonizados.

## 4.5 Análise Macroscópica

Após a carbonização dos materiais de restauração ter sido realizada, foram efectuadas as fotografias dos materiais das diferentes marcas comerciais Voco®, Herculite® e Synergy®, às diferentes temperaturas a que foram sujeitas. As fotografias foram realizadas, numa primeira fase em condições normais, e numa segunda fase os materiais de restauração foram fotografados numa câmara escura sob a acção de uma luz ultravioleta. O tecido dentário foi também fotografado, nas mesmas condições.

O objectivo é a comparação macroscópica entre a coloração observada no material de restauração e no material dentário, tal como a comparação entre as colorações observadas entre as diferentes marcas comerciais estudadas.



Figura 61 – Dente calcinado. 1- a 200°C, 2- a 300°C, 3- 500°C, 4- a 1000°C

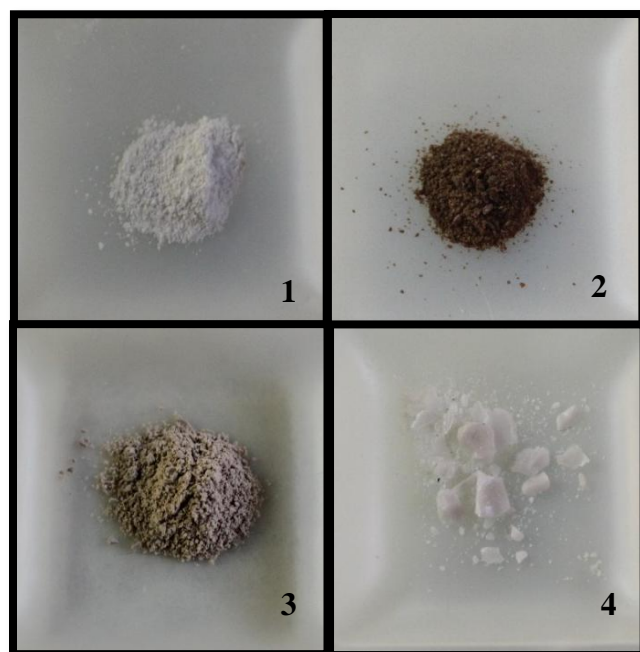


Figura 62 – Compósito Grandio calcinado. 1- a 200°C, 2- a 300°C, 3 – a 500°C, 4 – a 1000°C.

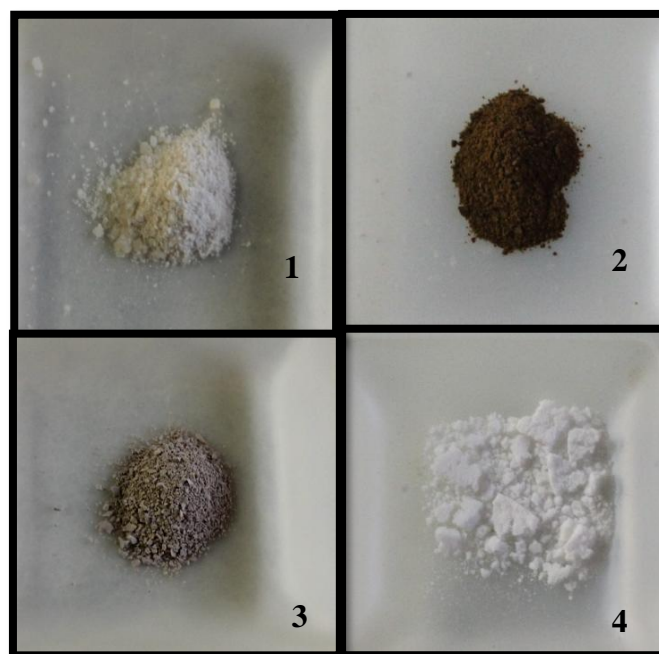


Figura 63 - Compósito Herculite calcinado. 1 – a 200°C, 2 – a 300°C, 3 – a 500°C, 4 – a 1000°C.

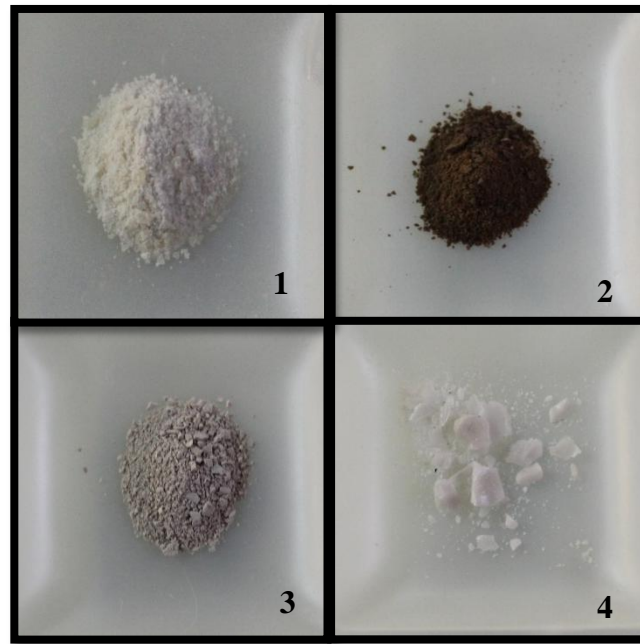


Figura 64 - Compósito Synergy calcinado. 1 – a 200°C, 2 – a 300°C, 3 – a 500°C, 4 – a 1000°C.

A análise macroscópica efectuada às amostras, após terem sido sujeitas às diferenças de temperatura, não permite identificar diferenças entre as marcas comerciais em análise. Todas elas apresentam uma sequenciação de cor idêntica: branco quando sujeitas a temperaturas de 200°C, castanho escuro quando sujeitas a temperaturas de 300°C, castanho mais claro quando sujeitas a temperaturas de 500°C voltando a assumir uma coloração esbranquiçada, quando a temperatura atingida é de 1000°C (Figura 62, Figura 63 e Figura 64).

Estes resultados encontram-se em consonância com a bibliografia encontrada, que referem uma alteração progressiva da cor dos compósitos, desde o tom mais esbranquiçado a temperaturas mais baixas, passando pelos tons acastanhados e terminando, quando as temperaturas se aproximam dos 800°C, novamente numa coloração branca (34, 47, 51). Este padrão é descrito como padrão bifásico.

Estes artigos sugerem uma justificação para esta sequência colorimétrica: a alteração de cor inicial é devida à separação entre a matriz resinosa e as partículas de carga existentes nos compósitos. Entre os 400-600°C a cor escurece tornando-se num tom acastanhado, justificado pela alteração química, decorrente da temperatura, dos



pigmentos existentes no compósito, ou pela oxidação dos seus componentes orgânicos. A destruição total destes pigmentos origina uma coloração esbranquiçada a partir dos 600°C (34).

Quando comparadas com o tecido dentário triturado, saliento a variação na coloração aos 200°C, em que o tecido dentário apresenta uma coloração amarela e não branca como os materiais de restauração em estudo (*Figura 61*).

Estas conclusões estão também de acordo com a literatura existente, que defende que as peças dentárias, quando sujeitas a diferenças de temperatura, sofrem uma alteração progressiva da sua coloração, desde amarela quando exposta a temperaturas mais baixas até branca quando o tecido dentário já se encontra completamente calcinado (51). Merlati et al, em 2002, apresenta resultados semelhantes quando procede à exposição de peças dentárias a diferentes temperaturas. Aos 200°C verifica uma alteração da coloração dentária para amarelo/acastanhado e aos 1000°C verifica uma alteração para uma cor rosa-esbranquiçada (54, 55).



*Figura 65* – Fotografia com lâmpada UV aos compósitos calcinados a 200°C



*Figura 66* - Fotografia com lâmpada UV aos compósitos calcinados a 300°C

Quando fotografados sob a acção de uma luz ultravioleta, numa sala escura, após calcinados a temperaturas de 200°C e 300°C, não é possível verificar diferenças na fluorescência emitida pelos materiais de restauração que possibilite a sua individualização (*Figura 65 e Figura 66*). No entanto, é possível verificar que todos os materiais de restauração analisados, quando calcinados a 200°C apresentam uma intensidade de fluorescência passível de os identificar na cavidade oral de um indivíduo (9).

Quando são atingidos os 300°C, e com base nos resultados obtidos na espectroscopia de fluorescência efectuada (*Figura 51*), sabemos os materiais analisados ainda apresentam fluorescência, apesar desta ser caracterizada por uma baixa intensidade relativa. Também foi verificado que a fluorescência é perdida a esta temperatura, o que faz com que, na análise macroscópica da cavidade oral de um cadáver, com interesse forense, os materiais e restauração calcinados a esta temperatura não sejam identificáveis.

A identificação de restaurações a compósito são, nos dias de hoje, um desafio para os médicos dentistas peritos, devido à semelhança que estas apresentam relativamente ao tecido dentário (9, 10, 61). As condições em que decorrem as autópsias contribuem para a dificuldade de identificação, devido às condições físicas existentes, como a inexistência de fontes de luz ideais e de spray ar-água mas também devido às dificuldades inerentes à observação de um cadáver como a presença frequente de conteúdo estomacal na cavidade oral ou mesmo a presença de sangue (10). Com base nos resultados é possível afirmar que os métodos de análise macroscópico para a identificação de restaurações dentárias a compósito através da iluminação com luz UV são benéficos e eficazes, até serem atingidos os 300°C, altura em que a fluorescência emitida pelos materiais de restauração não é suficiente para a sua diferenciação dos tecidos dentários (9, 25).

## ***Capítulo V***

### Conclusão



A identificação humana através da análise dentária é um método credível e com um lugar privilegiado na identificação médico-legal. Nos casos em que o corpo encontrado tenha sido sujeito a intempéries como o fogo, decomposição ou imersão prolongada em água que o tornaram de difícil identificação, as peças dentárias, devido à sua maioritária constituição inorgânica podem ainda fornecer informações importantes para a determinação do perfil do indivíduo.

Em corpos carbonizados a comparação entre as informações dentárias recolhidas no local e as informações clínicas existentes da vítima envolvida podem revelar-se como o único método de identificação da vítima. No entanto, e devido à fraca informação existente ante-mortem que possibilite a comparação, o método de identificação reconstrutivo torna-se relevante. Sendo assim, toda e qualquer informação que possa ser recolhida do corpo reveste-se de uma importância extrema.

A análise cuidada dos resultados que foram obtidos neste trabalho, à luz das informações recolhidas nos estudos referidos nos capítulos da revisão da literatura e da discussão dos resultados, permitiu-nos extrair as seguintes conclusões:

1. O conhecimento do comportamento óptico dos materiais de restauração quando submetidos a diferentes temperaturas apresenta uma elevada importância, uma vez que a identificação do material utilizado na restauração dentária fornece informação adicional para a identificação humana.
2. Tendo em conta que o material que confere fluorescência ao compósito é um material de origem orgânica, a fluorescência verifica-se apenas até aos 300°C, temperatura após a qual a fluorescência desaparece pela carbonização do fluoróforo.
3. A fluorescência não terá qualquer importância, na identificação de cadáveres carbonizados, quando a temperatura de carbonização exceder os 500°C.
4. As marcas comerciais apresentam comportamentos distintos antes da acção da temperatura mas também após calcinação a 200°C, 250°C e 300°C, o que os torna diferenciáveis entre si.

5. A excitação a  $\lambda$  de 400nm tem maior sensibilidade para avaliar a fluorescência das resinas compostas.
6. O comportamento díspar das resinas compostas em função da temperatura e da marca comercial torna o desenvolvimento de uma base de dados de espectros de emissão e de excitação, de todos os compósitos utilizados nas restaurações dentárias, quando sujeitos a diferentes temperaturas, uma prioridade de modo a auxiliar a identificação de corpos carbonizados.
7. A comparação da cor encontrada nas peças dentária e nos materiais de restauração por identificar e a escala de cores obtida nos estudos in vitro apresenta-se como outra característica de importância vital com contribuição forense, uma vez que possibilita a determinação da temperatura à qual o corpo foi sujeito.
8. A difração de raios-X é um método de extrema importância para distinguir os materiais de restauração, identificando claramente a restauração efectuada com o compósito Herculite, podendo originar informação suficiente para ser utilizado na identificação humana. Identifica também facilmente a peça dentária.

## ***Limitações do estudo e Perspectivas futuras***

Este estudo, como a maioria, apresenta algumas limitações. Uma delas diz respeito ao material dentário com o qual comparámos o comportamento óptico dos materiais de restauração. O dente analisado foi utilizado sem haver uma prévia separação dos constituintes dentários (esmalte, dentina e cimento), o que impossibilita o conhecimento das alterações provocadas pela temperatura a cada constituinte dentário isoladamente (devido às diferentes características que apresentam). No entanto apresentamos a análise como um todo.

A análise da fluorescência implica a colocação do material de restauração, reduzido a pequenas partículas, num tubo de quartzo, no entanto esta é afectada pela quantidade de material que está colocado no tubo e pela compactação que lhe é conferida. Não foi possível controlar este facto, pelo que as intensidades de fluorescência não são comparáveis entre si. A intensidade da lâmpada utilizada no fluorímetro também tem influência na análise da fluorescência e a sua intensidade não foi medida ou calibrada antes, durante e após as avaliações de fluorescência efectuadas.

Os compósitos em estudo foram analisados por marca comercial, sendo que em cada marca foi unicamente estudada uma cor da escala Vitta, no entanto cada marca comercial apresenta no mercado cerca de 4 cores (no mínimo), que não foram estudadas nem comparadas. Sendo assim não conseguimos garantir que as diferenças encontradas são verificadas também quando analisadas outras cores.

Em trabalhos futuros também será interessante fazer estudos de microscopia electrónica (TEM e SEM) de modo a avaliar a textura e sua alteração nos materiais quando sujeitos a diferentes temperaturas.

Este estudo não contemplou a protecção que é conferida às peças dentárias e consequentemente aos materiais de restauração utilizados, pelos tecidos que envolvem a cavidade oral. A presença de estruturas como os músculos da mastigação (masseter e temporal), além da existência de um meio húmido no interior da cavidade oral, irá provocar alterações nos resultados obtidos. Deveriam ser levados a cabo estudos que possibilitassem essa protecção adicional.

Neste estudo foram englobadas apenas três marcas comerciais de compósitos dentários, por terem sido as mais referenciadas pelos médicos dentistas da região centro,

Importância das alterações dos compósitos dentários na identificação de carbonizados

no entanto deveriam ser estudados os restantes compósitos no mercado tal como deveriam ser estudadas outras cores nas mesmas marcas de material.



## ***ANEXOS***



## **Anexo 1 – Inquérito realizado**

Caro colega,

Permita, antes de mais, que lhe enderece os meus mais respeitosos cumprimentos.

Para além de médica dentista sou aluna de Mestrado em Medicina Legal e Ciências Forenses na Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra, onde estou a desenvolver uma tese intitulada “Importância das alterações nos compósitos dentários na identificação de carbonizados”.

De modo a conseguir proceder ao estudo das alterações verificadas, necessito da sua colaboração para me ajudar a identificar, com a sua experiência, qual a marca e nome comerciais dos compósitos que mais utiliza.

Antecipadamente grata pela sua atenção e colaboração,

Reitero os meus mais sinceros cumprimentos

Cristina Figueiredo

MARCA DE COMPÓSITO mais utilizado \_\_\_\_\_  
(marca comercial e nome do compósito  
utilizado para dentes posteriores)

Caso haja mais que um de preferência \_\_\_\_\_



## ***Capítulo VII***

### **Referências Bibliográficas**



## **Referências Bibliográficas**

1. Saukko P, editor. Knight's Forensic Pathology. Third Edition ed: Edward Arnold Ltd; 2004.
2. Christopher Schmidt SS. The Analysis of burned human remains. 1st Edition ed. Lta E, editor2008.
3. Gupta N, Jadhav K, Ahmed Mujib BR, Amberkar VS. Is re-creation of human identity possible using tooth prints? An experimental study to aid in identification. Forensic Sci Int. 2009 Nov 20;192(1-3):67-71.
4. L.Hiatt LPGJ. Color Textbook of Histology. Second Edition ed. Philadelphia, Pennsylvania2001.
5. Takahashi MK, Vieira S, Rached RN, de Almeida JB, Aguiar M, de Souza EM. Fluorescence intensity of resin composites and dental tissues before and after accelerated aging: a comparative study. Oper Dent. 2008 Mar-Apr;33(2):189-95.
6. Lee YK, Lu H, Powers JM. Fluorescence of layered resin composites. J Esthet Restor Dent. 2005;17(2):93-100; discussion 1.
7. Park MY, Lee YK, Lim BS. Influence of fluorescent whitening agent on the fluorescent emission of resin composites. Dent Mater. 2007 Jun;23(6):731-5.
8. Rhonan Ferreira da Silva MMdP, Henrique César Marçal de Oliveira, Eduardo Daruge Júnior. Quantos pontos de concordância são necessários para se obter uma identificação odontológica positiva? Revista de Odontologia da Universidade de São Paulo. 2009;21(1):63-8.
9. Hermanson AS, Bush MA, Miller RG, Bush PJ. Ultraviolet illumination as an adjunctive aid in dental inspection. J Forensic Sci. 2008 Mar;53(2):408-11.
10. Benthous S, DuChesne A, Brinkmann B. A new technique for the postmortem detection of tooth-coloured dental restorations. Int J Legal Med. 1998;111(3):157-9.

11. Lopman BA, Reacher MH, Vipond IB, Hill D, Perry C, Halladay T, et al. Epidemiology and cost of nosocomial gastroenteritis, Avon, England, 2002-2003. *Emerg Infect Dis.* 2004 Oct;10(10):1827-34.
12. Pretty IA, Sweet D. A look at forensic dentistry--Part 1: The role of teeth in the determination of human identity. *Br Dent J.* 2001 Apr 14;190(7):359-66.
13. Avon SL. Forensic odontology: the roles and responsibilities of the dentist. *J Can Dent Assoc.* 2004 Jul-Aug;70(7):453-8.
14. Lee SS, Choi JH, Yoon CL, Kim CY, Shin KJ. The diversity of dental patterns in the orthopantomography and its significance in human identification. *J Forensic Sci.* 2004 Jul;49(4):784-6.
15. Adams BJ. The diversity of adult dental patterns in the United States and the implications for personal identification. *J Forensic Sci.* 2003 May;48(3):497-503.
16. Adams BJ. Establishing personal identification based on specific patterns of missing, filled, and unrestored teeth. *J Forensic Sci.* 2003 May;48(3):487-96.
17. Pretty IA, Addy LD. Associated postmortem dental findings as an aid to personal identification. *Sci Justice.* 2002 Apr-Jun;42(2):65-74.
18. Bux R, Heidemann D, Enders M, Bratzke H. The value of examination aids in victim identification: a retrospective study of an airplane crash in Nepal in 2002. *Forensic Sci Int.* 2006 Dec 20;164(2-3):155-8.
19. Borrman H, Dahlbom U, Loyola E, Rene N. Quality evaluation of 10 years patient records in forensic odontology. *Int J Legal Med.* 1995;108(2):100-4.
20. Delattre VF. Antemortem dental records: attitudes and practices of forensic dentists. *J Forensic Sci.* 2007 Mar;52(2):420-2.
21. Zondag H, Phillips VM. The discrimination potential of radio-opaque composite restorations for identification: part 3. *J Forensic Odontostomatol.* 2009;27(1):27-32.



22. Valenzuela A, Martin-de las Heras S, Marques T, Exposito N, Bohoyo JM. The application of dental methods of identification to human burn victims in a mass disaster. *Int J Legal Med.* 2000;113(4):236-9.
23. Omaila Nomir MA-M. A system for human identification from X-ray dental radiographs. *The Journal of the pattern recognition society.* 2005(38):1295-305.
24. Thali MJ, Markwalder T, Jackowski C, Sonnenschein M, Dirnhofer R. Dental CT imaging as a screening tool for dental profiling: advantages and limitations. *J Forensic Sci.* 2006 Jan;51(1):113-9.
25. Carson DO, Orihara Y, Sorbie JL, Pounder DJ. Detection of white restorative dental materials using an alternative light source. *Forensic Sci Int.* 1997 Aug 4;88(2):163-8.
26. Pretty IA, Smith PW, Edgar WM, Higham SM. The use of quantitative light-induced fluorescence (QLF) to identify composite restorations in forensic examinations. *J Forensic Sci.* 2002 Jul;47(4):831-6.
27. Bush MA, Miller RG, Prutsman-Pfeiffer J, Bush PJ. Identification through X-ray fluorescence analysis of dental restorative resin materials: a comprehensive study of noncremated, cremated, and processed-cremated individuals. *J Forensic Sci.* 2007 Jan;52(1):157-65.
28. Keiser-Nielsen S. Person identification by means of teeth: a practical guide. Ltd JWas, editor. Bristol (UK)1980.
29. Moya Pueyo VM RGB, Sánchez JA. *Odontologia Legal e Forense.* Masson, editor. Barcelona1994.
30. Van Buggenhout G, Bailleul-Forestier I. Mesiodens. *Eur J Med Genet.* 2008 Mar-Apr;51(2):178-81.
31. Polder BJ, Van't Hof MA, Van der Linden FP, Kuijpers-Jagtman AM. A meta-analysis of the prevalence of dental agenesis of permanent teeth. *Community Dent Oral Epidemiol.* 2004 Jun;32(3):217-26.

32. Villarroel M, Fahl N, De Sousa AM, De Oliveira OB, Jr. Direct esthetic restorations based on translucency and opacity of composite resins. *J Esthet Restor Dent.* 2011 Apr;23(2):73-87.
33. Bush MA, Bush PJ, Miller RG. Detection and classification of composite resins in incinerated teeth for forensic purposes. *J Forensic Sci.* 2006 May;51(3):636-42.
34. Brandao RB, Martin CC, Catirse AB, de Castro ESM, Evison MP, Guimaraes MA. Heat induced changes to dental resin composites: a reference in forensic investigations? *J Forensic Sci.* 2007 Jul;52(4):913-9.
35. Adela Hervas Garvia MAL, Jose Cabanes Vila. Compositore Resins. A review of the materials and clinical indications. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2006(11):215-20.
36. Martin-de-Las-Heras S, Valenzuela A, Luna Jde D, Bravo M. The utility of dental patterns in forensic dentistry. *Forensic Sci Int.* 2010 Feb 25;195(1-3):166 e1-5.
37. Soderholm KJ, Mariotti A. BIS-GMA--based resins in dentistry: are they safe? *J Am Dent Assoc.* 1999 Feb;130(2):201-9.
38. Peutzfeldt A. Resin composites in dentistry: the monomer systems. *Eur J Oral Sci.* 1997 Apr;105(2):97-116.
39. Bowen RL, Marjenhoff WA. Dental composites/glass ionomers: the materials. *Adv Dent Res.* 1992 Sep;6:44-9.
40. Leinfelder KF. Posterior composite resins: the materials and their clinical performance. *J Am Dent Assoc.* 1995 May;126(5):663-4, 7-8, 71-2 passim.
41. D'Alpino PH, Pereira JC, Svizero NR, Rueggeberg FA, Pashley DH. Use of fluorescent compounds in assessing bonded resin-based restorations: a literature review. *J Dent.* 2006 Oct;34(9):623-34.
42. Yu B, Lee YK. Differences in color, translucency and fluorescence between flowable and universal resin composites. *J Dent.* 2008 Oct;36(10):840-6.
43. Lim YK, Lee YK. Fluorescent emission of varied shades of resin composites. *Dent Mater.* 2007 Oct;23(10):1262-8.

44. Wardle B. Principles and Applications of Photochemistry. Wiley, editor 2009.
45. Sant'Anna Aguiar Dos Reis R, Casemiro LA, Carlino GV, Lins EC, Kurachi C, Bagnato VS, et al. Evaluation of fluorescence of dental composites using contrast ratios to adjacent tooth structure: a pilot study. *J Esthet Restor Dent.* 2007;19(4):199-206; discussion 7.
46. Meller C, Klein C. Fluorescence properties of commercial composite resin restorative materials in dentistry. *Dent Mater J.* 2012;31(6):916-23.
47. Rattle CN, Bush MA. Fluorescence and structural degradation in composite resins as a function of temperature. *J Forensic Sci.* 2009 Mar;54(2):433-8.
48. Karkhanis S, Ball J, Franklin D. Macroscopic and microscopic changes in incinerated deciduous teeth. *J Forensic Odontostomatol.* 2009 Dec;27(2):9-19.
49. Ubelaker DH. The forensic evaluation of burned skeletal remains: a synthesis. *Forensic Sci Int.* 2009 Jan 10;183(1-3):1-5.
50. M.J.Shkrum DAR. Forensic Science and Medicine: Forensic Pathology of Trauma: Common Problems for the pathologist. Humana Press I, editor. Totowa, NJ.
51. Fereira JL, Fereira AE, Ortega AI. Methods for the analysis of hard dental tissues exposed to high temperatures. *Forensic Sci Int.* 2008 Jul 4;178(2-3):119-24.
52. Savio C, Merlati G, Danesino P, Fassina G, Menghini P. Radiographic evaluation of teeth subjected to high temperatures: experimental study to aid identification processes. *Forensic Sci Int.* 2006 May 10;158(2-3):108-16.
53. Bonavilla JD, Bush MA, Bush PJ, Pantera EA. Identification of incinerated root canal filling materials after exposure to high heat incineration. *J Forensic Sci.* 2008 Mar;53(2):412-8.
54. Merlati G, Danesino P, Savio C, Fassina G, Osculati A, Menghini P. Observations on dental prostheses and restorations subjected to high temperatures: experimental studies to aid identification processes. *J Forensic Odontostomatol.* 2002 Dec;20(2):17-24.

55. Merlati G, Savlo C, Danesino P, Fassina G, Menghini P. Further study of restored and un-restored teeth subjected to high temperatures. *J Forensic Odontostomatol.* 2004 Dec;22(2):34-9.
56. Sakoda S, Zhu BL, Ishida K, Oritani S, Fujita MQ, Maeda H. Dental identification in routine forensic casework: clinical and postmortem investigations. *Leg Med (Tokyo).* 2000 Mar;2(1):7-14.
57. Delattre VF. Burned beyond recognition: systematic approach to the dental identification of charred human remains. *J Forensic Sci.* 2000 May;45(3):589-96.
58. Martin-de las Heras S, Valenzuela A, Villanueva E, Marques T, Exposito N, Bohoyo JM. Methods for identification of 28 burn victims following a 1996 bus accident in Spain. *J Forensic Sci.* 1999 Mar;44(2):428-31.
59. Lee YK, Lu H, Powers JM. Effect of surface sealant and staining on the fluorescence of resin composites. *J Prosthet Dent.* 2005 Mar;93(3):260-6.
60. Sinyaeva MI; Mamedov AA VS, Volkova AI, Loschenov VB. Fluorescence Diagnostics in Dentistry. *Laser Physics.* 2004;14(8):1132-40.
61. Ruttermann S, Ritter J, Raab WH, Bayer R, Janda R. Laser-induced fluorescence to discriminate between a dental composite resin and tooth. *Dent Mater.* 2007 Nov;23(11):1390-6.